



UnB

Universidade de Brasília

Faculdade de Administração, Contabilidade, Economia e Gestão de Políticas
Públicas (FACE)

Departamento de Economia

Graduação em Ciências Econômicas

Mayra Cruz Viana

**Lei de Benford aplicada aos números de casos e de mortes por COVID-19 no
Brasil**

Brasília

2021

Mayra Cruz Viana

Lei de Benford aplicada aos números de casos e de mortes por COVID-19 no Brasil.

Monografia apresentada ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Professor Orientador: Maurício Soares Bugarin

Trabalho aprovado. Brasília, 2021:

Maurício Soares Bugarin
Orientador

Adriana Cuoco Portugal
Membro da Mesa

Brasília
2021

Agradecimentos

Agradeço a quem tornou possível que eu entrasse e permanecesse na Universidade: minha família e meus amigos. O apoio desses foi imprescindível para superar fases difíceis e dolorosas e tenho orgulho de dizer que caminhamos juntos durante essa etapa. Agradeço também o suporte que meu orientador, professor Maurício Bugarin, me forneceu durante a graduação e a confecção desta monografia, foi uma honra trabalhar com uma das minhas referências na área de ciências econômicas.

Resumo

Utilizando a análise de conformidade da frequência dos dígitos dos dados de contaminações e de óbitos causados pela COVID-19 com a frequência prevista pela Lei de Benford, avaliou-se a confiabilidade das informações divulgadas pelo Ministério da Saúde do Brasil. Essa análise foi empreendida com uma segmentação feita por regiões do país, por alguns estados que empregaram a abertura econômica por “fases” e por uma divisão cronológica, dado a intenção de avaliar se existem períodos e regiões de maior congruência de dados. Complementou-se com a avaliação dos dados dos cinco países com maior número de contaminações para traçar comparação com os dados brasileiros. Encontraram-se meses dignos de avaliação mais minuciosa. Também foram descobertos que os estados de Minas Gerais e do Piauí indicam a necessidade de uma análise aprofundada. Por fim, os resultados do teste dos dois primeiros dígitos para regiões do Brasil apontam para excesso de dígitos pequenos para número de óbitos e as conclusões para países selecionados são diversas.

Palavras-chave: Lei de Benford, COVID-19.

Abstract

Using the compliance analysis of the frequency of digits of data on contaminations and deaths caused by COVID-19 with the frequency provided by Benford's Law, the reliability of the information disclosed by the Ministry of Health of Brazil was evaluated. This analysis was undertaken with a segmentation made by regions of the country, by some states that used the economic opening by "phases" and by a chronological division, in order to assess whether there are periods and regions with greater data congruence. It was complemented with the evaluation of data from the five countries with the highest number of contaminations to draw a comparison with Brazilian data. Months worthy of more detailed evaluation were found. It was also discovered that the states of Minas Gerais and Piauí indicate the need for in-depth analysis. The results of the first two digits test for regions of Brazil point to excess of small digits and the conclusions for selected countries are diverse.

Key-words: Benford's Law, COVID-19.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Frequência dos primeiros dígitos.	1
Tabela 2 - Dados do experimento executado por Frank Benford	2
Tabela 3 - Referência para aplicação da Média dos Desvios Absolutos	7
Tabela 4 – Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste do primeiro dígito.....	20
Tabela 6 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste do segundo dígito.	30
Tabela 7 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de óbitos para teste do segundo dígito.	33
Tabela 8 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.	38
Tabela 9 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.	43
Tabela 10 Resultados dos testes de conformidade para separação de dados diários em fases.....	57
Tabela 11 - Tabela com resultados dos diferentes testes para números de casos acumulados.....	60
Tabela 12 - Tabela com resultados dos diferentes testes para números de óbitos acumulados.....	62
Tabela 13 - Resultados da Média dos Desvios Absolutos para amostras de casos acumulados de COVID-19 de seis estados para teste do primeiro dígito.	72
Tabela 14 - Resultados da Média dos Desvios Absolutos para amostras de óbitos acumulados de COVID-19 de seis estados.....	73
Tabela 15 - Tabela com resultados dos testes Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos para número de casos para países selecionados.....	76
Tabela 16 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do primeiro dígito para número de casos.....	78
Tabela 17 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do segundo dígito para número de casos.....	79
Tabela 18 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos.....	81
Tabela 19 - Tabela com resultados dos testes Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos para número de óbitos para países selecionados.	84

Tabela 20 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do primeiro dígito para número de óbitos.....	86
Tabela 21 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do segundo dígito para número de óbitos.....	89
Tabela 22 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos.....	91
Tabela 23 - Tabela com correspondências entre semanas epidemiológicas, datas e meses.....	97
Tabela 24 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	101
Tabela 25 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	101
Tabela 26 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	102
Tabela 27 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	103
Tabela 28 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	106
Tabela 29 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	107
Tabela 30 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	107
Tabela 31 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	108
Tabela 32 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	111
Tabela 33 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	111
Tabela 34 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	111
Tabela 35 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	112
Tabela 36 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	115

Tabela 37 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	115
Tabela 38 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	116
Tabela 39 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.	117
Tabela 40 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.	119
Tabela 41 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.	120
Tabela 42 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.	121
Tabela 43 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.	121

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Casos acumulados no Brasil por estado até 23/10/2021.....	9
Gráfico 2 - Casos acumulados nos dez países com maiores números de contaminações em 23/10/2021.	10
Gráfico 3 - Óbitos acumulados no Brasil até 23/10/2021	10
Gráfico 4 - Óbitos novos de COVID-19 por data de notificação até 23/10/2021	11
Gráfico 5 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos para teste do primeiro dígito.....	22
Gráfico 6 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de casos para teste do primeiro dígito.....	22
Gráfico 7 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de casos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas de 23/08/2020 a 14/11/2020.....	23
Gráfico 8 Pico do Qui-Quadrado em 2021 para número de casos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas de 21/03/2021 a 12/06/2021.	24
Gráfico 9 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de casos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas para 07/03/2021 a 29/05/2021.	24
Gráfico 10 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos para teste do primeiro dígito.....	26
Gráfico 11 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de óbitos para teste do primeiro dígito.....	27
Gráfico 12 Pico do Qui-Quadrado em 2020 para número de óbitos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas em 23/08/2020 a 14/11/2020.	28
Gráfico 13 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de óbitos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas em 20/09/2020 a 12/12/2020.	29
Gráfico 14 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de óbitos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.....	29
Gráfico 15 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos para teste do segundo dígito.....	32
Gráfico 16 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de casos para teste do segundo dígito.....	32

Gráfico 17 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de casos no teste do segundo dígito para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.....	33
Gráfico 18 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos para teste do segundo dígito.....	35
Gráfico 19 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de óbitos para teste do segundo dígito.....	35
Gráfico 20 Pico do Qui-Quadrado em 2021 para número de óbitos no teste do segundo dígito para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.	37
Gráfico 21 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de óbitos no teste do segundo dígito para fragmentação em 12 semanas em 11/07/2021 a 02/10/2021.	37
Gráfico 22 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.....	40
Gráfico 23 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.....	40
Gráfico 24 Pico do Qui-Quadrado em 2020 para número de casos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 30/08/2020 a 23/11/2020.	41
Gráfico 25 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de casos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 23/08/2020 a 14/11/2020.	42
Gráfico 26 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de casos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.....	42
Gráfico 27 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos para teste dos dois primeiros dígitos.....	44
Gráfico 28 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de óbitos para teste dos dois primeiros dígitos.....	45
Gráfico 29 Pico do Qui-Quadrado em 2020 para número de óbitos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 20/09/2020 a 12/12/2020.	45

Gráfico 30 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de óbitos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 04/10/2020 a 26/12/2020.	46
Gráfico 31 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de óbitos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.	46
Gráfico 32 Evolução do Qui-Quadrado com marcação de momentos importantes para número de casos para teste do primeiro dígito.	48
Gráfico 33 Evolução do Qui-Quadrado com marcação de momentos importantes para número de óbitos para teste do primeiro dígito.	49
Gráfico 34 Evolução teste Qui-quadrado para teste do primeiro dígito para número de casos – diários.	51
Gráfico 35 Evolução teste Qui-quadrado para teste do primeiro dígito para número de óbitos – diários.	52
Gráfico 36 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do primeiro dígito para número de casos – diários.	52
Gráfico 37 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do primeiro dígito para número de óbitos – diários.	53
Gráfico 38 Evolução teste Qui-quadrado para teste do segundo dígito para número de casos – diários.	53
Gráfico 39 Evolução teste Qui-quadrado para teste do segundo dígito para número de óbitos – diários.	54
Gráfico 40 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do segundo dígito para número de casos – diários.	54
Gráfico 41 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do segundo dígito para número de óbitos – diários.	55
Gráfico 42 Evolução teste Qui-quadrado para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos – diários.	55
Gráfico 43 Evolução teste Qui-quadrado para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos – diários.	56
Gráfico 44 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos – diários.	56
Gráfico 45 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos – diários.	57

Gráfico 46 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de óbitos acumulados para as cinco regiões do Brasil.	61
Gráfico 47 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de óbitos acumulados para os três estados da região Sul.....	63
Gráfico 48 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de casos acumulados para as cinco regiões do Brasil.	64
Gráfico 49 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de óbitos acumulados para as cinco regiões do Brasil.	66
Gráfico 50 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de casos acumulados para as cinco regiões do Brasil.	68
Gráfico 51 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para estados selecionados.	70
Gráfico 52 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para estados selecionados.	72
Gráfico 53 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para Minas Gerais e Piauí para o teste do segundo dígito.	74
Gráfico 54 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para países selecionados.	77
Gráfico 55 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para países selecionados.	78
Gráfico 56 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para países selecionados.	80
Gráfico 57 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para óbitos acumulados para países selecionados.	85
Gráfico 58 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para óbitos acumulados para países selecionados.	87

Gráfico 59 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para óbitos acumulados para países selecionados.	89
Gráfico 60 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos.....	104
Gráfico 61 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de casos para os períodos 04/10/2020 a 14/11/2020 e 11/10/2020 a 21/11/2020.	105
Gráfico 62 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de casos para os períodos 04/04/2021 a 15/05/2021 e 11/04/2021 a 22/05/2021.	105
Gráfico 63 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos.....	109
Gráfico 64 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de mortes para os períodos 29/11/2020 a 09/01/2021 e 06/12/2020 a 16/01/2021.	109
Gráfico 65 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de mortes para os períodos 15/08/2021 a 25/09/2021 e 22/08/2021 a 02/10/2021.	110
Gráfico 66 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de casos para os períodos 01/11/2020 a 12/12/2020 e 08/11/2020 a 19/12/2020.	113
Gráfico 67 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de casos para os períodos 02/05/2021 a 12/06/2021 e 09/05/2021 a 19/06/2021.	113
Gráfico 68 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de casos para os períodos 05/09/2021 a 16/10/2021 e 12/09/2021 a 23/10/2021.	114
Gráfico 69 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos.....	114
Gráfico 70 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de mortes.	117
Gráfico 71 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de mortes para os períodos 10/01/2021 a 20/02/2021 e 17/01/2021 a 27/02/2021.	118
Gráfico 72 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de mortes para os períodos 08/08/2021 a 18/09/2021 e 15/08/2021 a 25/09/2021.	118

Gráfico 73 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos para os períodos 15/08/2021 a 25/09/2021 e 12/09/2021 a 23/10/2021.....	124
Gráfico 74 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de mortes.	124
Gráfico 75 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos para os períodos 25/10/2020 a 05/12/2020 e 17/01/2021 a 27/02/2021.....	125
Gráfico 76 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos para os períodos 15/08/2021 a 25/09/2021 e 12/09/2021 a 23/10/2021.....	126

Sumário

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2: APLICAÇÕES DA LEI DE BENFORD	15
CAPÍTULO 3: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE TEMPORAL	19
Teste do Primeiro Dígito	19
Teste do Segundo Dígito	30
Teste dos dois primeiros dígitos.....	37
Conclusões do capítulo.....	47
CAPÍTULO 4: DADOS DIÁRIOS	51
CAPÍTULO 5: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DOS DADOS DAS REGIÕES DO BRASIL.....	59
Teste do primeiro dígito	59
Teste do segundo dígito.....	64
Teste dos dois primeiros dígitos.....	67
Avaliação específica de alguns estados	70
CAPÍTULO 5: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DOS DADOS DE PAÍSES SELECIONADOS	76
Teste do primeiro dígito para número de casos acumulados.....	76
Teste do segundo dígito para número de casos acumulados.....	78
Teste dos dois primeiros dígitos para número de casos acumulados.....	80
Teste do primeiro dígito para número de óbitos acumulados.....	85
Teste do segundo dígito para número de óbitos acumulados.....	87
Teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos acumulados.....	89
CONCLUSÃO.....	95
ANEXO 1: SEMANAS EPIDEMIOLÓGICAS	97
ANEXO 2: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE TEMPORAL COM FRAGMENTAÇÃO EM 6 SEMANAS	100
Teste do Primeiro Dígito	100

Teste do Segundo Dígito	110
Teste dos dois primeiros dígitos.....	119
Conclusões do capítulo.....	126
REFERÊNCIAS.....	128

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Por meio da observação de um livro com tabelas de logaritmos, empregues para construção de conhecimento científico, Simon Newcomb avaliou que as primeiras páginas eram mais frequentemente utilizadas do que as últimas, o que, potencialmente, indicava que números iniciados com o dígito 1 eram mais consultados do que números iniciados com o dígito 9. A partir dessa primeira observação, o autor indagou sobre a probabilidade, caso um número natural seja selecionado de forma aleatória, de seu primeiro dígito ser n e o segundo n' , e assim sucessivamente. (NEWCOMB, 1881). O palpite mais natural é de que, para um conjunto de dados genéricos, todos os números têm igual probabilidade de serem o primeiro dígito. Deveria ser observado, portanto, que cada número de 1 a 9 ocorre $1/9$ das vezes (e não cada número de 0 a 9 ocorrendo $1/10$ das vezes porque 0 é o primeiro dígito apenas do número 0) (MILLER, 2015).

Entretanto, a conclusão do matemático foi que as probabilidades de ocorrência dos dois primeiros dígitos significativos de um número natural na natureza seguem a tabela:

Tabela 1 - Frequência dos primeiros dígitos.

Dígito	Primeiro Dígito	Segundo Dígito
0	-	0,1197
1	0,3010	0,1139
2	0,1761	0,1088
3	0,1249	0,1043
4	0,0969	0,1003
5	0,0792	0,0967
6	0,0669	0,0934
7	0,058	0,0904
8	0,0512	0,0876
9	0,0458	0,0850

Fonte: Newcomb (1881)

No caso do terceiro dígito, a probabilidade será quase a mesma para cada número e para o quarto e seguintes a diferença entre as probabilidades será insignificante (NEWCOMB, 1881). Dessa forma, para os dígitos finais de números com três ou mais dígitos, a expectativa é que a distribuição seja uniforme (NIGRINI, 2012).

Essa descoberta, contudo, só ganhou notoriedade com a publicação mais tardia de Frank Benford (CUNHA; BUGARIN, 2015c), nome a qual a lei de números anômalos ficou vinculada, sobre a distribuição logarítmica a qual seguem os primeiros dígitos dos números encontrados em diferentes fontes. O método empregado para avaliação empírica que o físico empreendeu consistiu em contar a quantidade de vezes nas quais os números naturais de 1 a 9 apareciam como primeiros dígitos, ignorando zeros ou pontuações indicativas de decimais quando ocorriam, dado que a magnitude de interesse é a expressa pelo primeiro dígito (BENFORD, 1938).

Dados foram coletados por Benford de procedências diversas, como áreas de rios, tamanho da população, constantes científicas e números recolhidos nas primeiras páginas de jornais (BERGER; HILL, 2015). A frequência do primeiro dígito das diferentes observações foi registrada como na tabela que segue:

Tabela 2 - Dados do experimento executado por Frank Benford

Grupo	Título	Frequência do Primeiro Dígito									Contagem
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	Área de Rios	31.0	16.4	10.7	11.3	7.2	8.6	5.5	4.2	5.1	335
B	População	33.9	20.4	14.2	8.1	7.2	6.2	4.1	3.7	2.2	3259
C	Constantes Físicas	41.3	14.4	4.8	8.6	10.6	5.8	1.0	2.9	10.6	104
D	Jornais	30.0	18.0	12.0	10.0	8.0	6.0	6.0	5.0	5.0	100
E	Calor Específico	24.0	18.4	16.2	14.6	10.6	4.1	3.2	4.8	4.1	1389
F	Pressão	29.6	18.3	12.8	9.8	8.3	6.4	5.7	4.4	4.7	703
G	“H.P. Lost in Air Flow”	30.0	18.4	11.9	10.8	8.1	7.0	5.1	5.1	3.6	690
H	Massa molecular	26.7	25.2	15.4	10.8	6.7	5.1	4.1	2.8	3.2	1800

I	Taxa de drenagem de rios	27.1	23.9	13.8	12.6	8.2	5.0	5.0	2.5	1.9	159
J	Massa atômica	47.2	18.7	5.5	4.4	6.6	4.4	3.3	4.4	5.5	91
K	$1/n, \sqrt{n}...$	25.7	20.3	9.7	6.8	6.6	6.8	7.2	8.0	8.9	5000
L	“Design Data Generators”	26.8	14.8	14.3	7.5	8.3	8.4	7.0	7.3	5.6	560
M	Revista <i>Readers' Digest</i>	33.4	18.5	12.4	7.5	7.1	6.5	5.5	4.9	4.2	308
N	“Cost Data, Concret”	32.4	18.8	10.1	10.1	9.8	5.5	4.7	5.5	3.1	741
O	Voltagem de Raio-X	27.9	17.5	14.4	9.0	8.1	7.4	5.1	5.8	4.8	707
P	Liga Americana, 1936	32.7	17.6	12.6	9.8	7.4	6.4	4.9	5.6	3.0	1458
Q	Radiação de corpo negro	31.0	17.3	14.1	8.7	6.6	7.0	5.2	4.7	5.4	1165
R	Endereços	28.9	19.2	12.6	8.8	8.5	6.4	5.6	5.0	5.0	312
S	$n_1, n_2, \dots, n!$	25.3	16.0	12.0	10.0	8.5	8.8	6.8	7.1	5.5	900
T	Taxa de mortalidade	27.0	18.6	15.7	9.4	6.7	6.5	7.2	4.8	4.1	418
Média		30.6	18.5	12.4	9.4	8.0	6.4	5.1	4.9	4.7	1011
Erro provável		± 0.8	± 0.4	± 0.4	± 0.3	± 0.2	± 0.2	± 0.2	± 0.2	± 0.3	-

Fonte: Benford (1938).

A relação encontrada para frequência dos primeiros dígitos foi sintetizada pela relação logarítmica:

$$F_a = \log\left(\frac{a+1}{a}\right)$$

onde F_a é a frequência do dígito a (primeiro dígito dos números observados).

Uma notação alternativa, que será usada daqui em diante, é a que segue:

$$Prob(D_1 = d_1) = \log_{10}\left(\frac{d_1+1}{d_1}\right) \quad d_1 \in \{1,2,\dots,9\}$$

na qual D_1 denota o primeiro dígito significativo (BERGER; HILL, 2015).

É dito, portanto, que um conjunto de dados satisfaz a Lei de Benford para o dígito líder se a probabilidade de observar d como o primeiro dígito é de $\log_{10}\left(\frac{d+1}{d}\right)$.

Assim sendo, a probabilidade combinada de um dos dois primeiros algarismos ser o primeiro dígito é próxima de 50%, enquanto a de um dos dois maiores é inferior a 10% (BERGER; HILL, 2015).

$$Prob(D_1 = 1) = \log_{10}(2) = 0,3010$$

$$Prob(D_1 = 2) = \log_{10}\left(\frac{3}{2}\right) = 0,1760$$

$$Prob(D_1 = 8) = \log_{10}\left(\frac{9}{8}\right) = 0,05115$$

$$Prob(D_1 = 9) = \log_{10}\left(\frac{10}{9}\right) = 0,04575$$

Uma observação pertinente é que, para se contabilizar a frequência na qual certos dígitos, que não o primeiro, ocorrem, é necessário contabilizar o 0.

A fórmula derivada para cálculo da frequência do segundo dígito é:

$$Prob(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \log_{10}\left(1 + \frac{1}{d_1 d_2}\right), \quad d_2 \in \{0,1,\dots,9\}$$

onde D_2 representa o segundo dígito (NIGRINI, 2012).

Já para a distribuição conjunta para os primeiros dígitos significativos, para cada inteiro positivo m ,

$$Prob((D_1, D_2, \dots, D_m) = (d_1, d_2, \dots, d_m)) = \log_{10}\left(1 + \left(\sum_{j=1}^m 10^{m-j} d_j\right)^{-1}\right)$$

com D_2, D_3, \dots representando o segundo, terceiro, ... dígito decimal significativo (BERGER; HILL, 2015).

Outra interessante propriedade matemática referente à lei de distribuição dos dígitos diz respeito à invariância de escala, enunciada por Roger Pinkham (1961). Esse teorema diz que se os números em um grupo de dados que segue a Lei de Benford for multiplicado por uma constante diferente de zero, o conjunto de informações resultante também seguirá a Lei de Benford (NIGRINI, 2012).

Para testar a compatibilidade da distribuição dos dígitos com a prevista pela lei matemática citada, pode-se utilizar o teste Qui-Quadrado (χ^2). Essa verificação tem a hipótese nula de que há conformidade dos dígitos com a Lei de Benford e é calculada como segue:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(CR - CE)^2}{CE}$$

Em que CR significa a contagem real, CE a contagem esperada e K o número de dígitos. O número de graus de liberdade é $K - 1$. Exemplificando, no caso do teste do primeiro dígito (a hipótese nula, nesse caso, é que o primeiro dígito dos números em análise segue a Lei de Benford), o K teria o valor de 9 e seriam 8 graus de liberdade, já no referente ao teste dos dois primeiros dígitos (para o qual a hipótese nula é que os dois primeiros dígitos dos números em análise seguem a Lei de Benford), o K teria o valor de 90 e seriam 89 graus de liberdade.

Após executada a soma do cálculo para cada dígito, o número encontrado é comparado com um valor crítico¹ e, caso o supere, a hipótese nula é rejeitada. Os valores críticos são tabelados e variam de acordo com o nível de significância desejado e com os graus de liberdade. Utilizando, como exemplo, o teste do primeiro dígito, para 5% de significância e para 8 graus de liberdade, o valor crítico é de 15,507. Ou seja, se o valor calculado superar essa medida dada, a hipótese nula não será aceita e a indicação do teste será a não conformidade com a Lei de Benford.

O teste Qui-Quadrado é utilizado porque compara, conforme apresentado na descrição da fórmula, “um conjunto de resultados reais com um conjunto de resultados esperados” (CUNHA; BUGARIN, 2015c), ou seja, contrasta a frequência esperada com a frequência encontrada para a amostra em análise.

Um ponto importante, entretanto, é que o teste Qui-Quadrado é muito sensível a pequenas variações em amostras grandes (a partir de 5000 elementos) (NIGRINI,

¹ Os valores críticos foram acessados em <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3674.htm> (Engineering Statistics Handbook).

2012), o que leva a tendência de rejeição da hipótese de conformidade com a Lei de Benford nesses casos (SILVA, R. 2015).

Para a análise dos dígitos individualmente é indicado a utilização da estatística Z , método que compara a proporção esperada pela Lei de Benford com a proporção real apresentada na amostra. O cálculo de tal estatística pode ser realizado como segue:

$$Z = \frac{|PR - PE| - \left(\frac{1}{2n}\right)}{\sqrt{\frac{PE(1 - PE)}{n}}}$$

Nessa fórmula apresentada, PR representa a proporção real, PE , a proporção esperada e n , o tamanho do banco de dados. O segundo termo do numerador é um fator utilizado para correção apenas quando é menor que o primeiro termo. Ressalta-se, contudo, que a utilização do n no cálculo faz com que, em grandes amostras, qualquer desvio, inclusive os pequenos, apresente uma estatística Z alta, o que rejeita a conformidade com a Lei de Benford.

Nesse trabalho, o nível de significância escolhido é o de 5%, o que culmina em um valor limite de referência de 1,96. Caso o cálculo da estatística Z supere esse limiar, a rejeição da hipótese nula (conformidade com a Lei de Benford) é observada (BUGARIN; CUNHA; PORTUGAL, 2016).

Outro método estatístico é o teste da Média dos Desvios Absolutos. Diferentemente dos anteriores, esse não leva em consideração o número de dados da amostra, o que o torna mais adequado para extensos bancos de dados, tendo em vista que o teste Qui-Quadrado e a estatística Z se tornam mais sensíveis a desvios à medida que a quantidade de informações utilizada aumenta (NIGRINI, 2012). Sua fórmula é:

$$MDA = \frac{\sum_{i=1}^K |PR - PE|}{K}$$

Onde K expressa as séries de dígitos (para o Teste dos Dois Primeiros Dígitos K seria 90, já para o Teste do Primeiro Dígito seria 9 e para o Teste do Segundo Dígito, 10), PR , a proporção real e PE , a proporção esperada (CUNHA, BUGARIN, 2015c). Devido a inexistência de valores críticos para esse teste, Drake e Nigrini (2000) oferecem um padrão de resultados para análise da conformidade baseado em estudos anteriores realizados.

Tabela 3 - Referência para aplicação da Média dos Desvios Absolutos

Dígitos	Intervalo	Conclusão
Primeiro Dígito	0.000 a 0.006	Conformidade aproximada
	0.006 a 0.012	Conformidade aceitável
	0.012 a 0.015	Conformidade marginal aceitável
	Acima de 0.015	Não conformidade
Segundo Dígito	0.000 a 0.008	Conformidade aproximada
	0.008 a 0.010	Conformidade aceitável
	0.010 a 0.012	Conformidade marginal aceitável
	Acima de 0.012	Não conformidade
Primeiros Dois Dígitos	0.000 a 0.0012	Conformidade aproximada
	0.0012 a 0.0018	Conformidade aceitável
	0.0018 a 0.0022	Conformidade marginal aceitável
	Acima de 0.0022	Não conformidade

Fonte: Nigrini (2012).

Foi observado por Benford, contudo, que a performance da lei é mais bem verificada para itens de natureza aleatória, tal como a contagem feita dos números aparentes nas primeiras páginas de jornais (experimento realizado pelo autor e cujas frequências estão registradas na Tabela 2) do que para aqueles de natureza formal ou matemática, como, por exemplo, constantes físicas e massa atômica de elementos químicos (BENFORD, 1938).

E o que define, portanto, se um conjunto de números segue a lei de Benford? É necessário, inicialmente, que a amostra de dados seja grande e que os números tenham, ao menos, quatro dígitos, ainda que, no caso de o conjunto de informações

possuir números com menos dígitos, verificar-se-ia apenas um viés em favor de dígitos menores. Além disso, os registros devem ser de fatos ou de eventos, não deve existir um valor mínimo (com exceção do mínimo de 0 para dados que podem possuir apenas registros positivos) ou máximo e não é interessante que os dados sejam usados como números de identificação ou como rótulos, como, por exemplo, números de telefone, dígitos visualizados em placas de carros ou em passagens aéreas. Tendem a seguir a Lei de Benford também os agrupamentos de dados nos quais a média é menor que a mediana, ou seja, existe uma quantidade maior de registros menores do que de maiores. (NIGRINI, 2012).

O cumprimento desses requisitos indica maior conformidade com a Lei de Benford, o que pode apontar que dados, cujas especificações sejam similares às expostas acima e que não seguem a distribuição dos dígitos esperada, tenham interferência humana em sua fabricação. No próximo capítulo, estão aplicações diversas que exemplificam a utilidade da Lei na verificação de manipulação de dados.

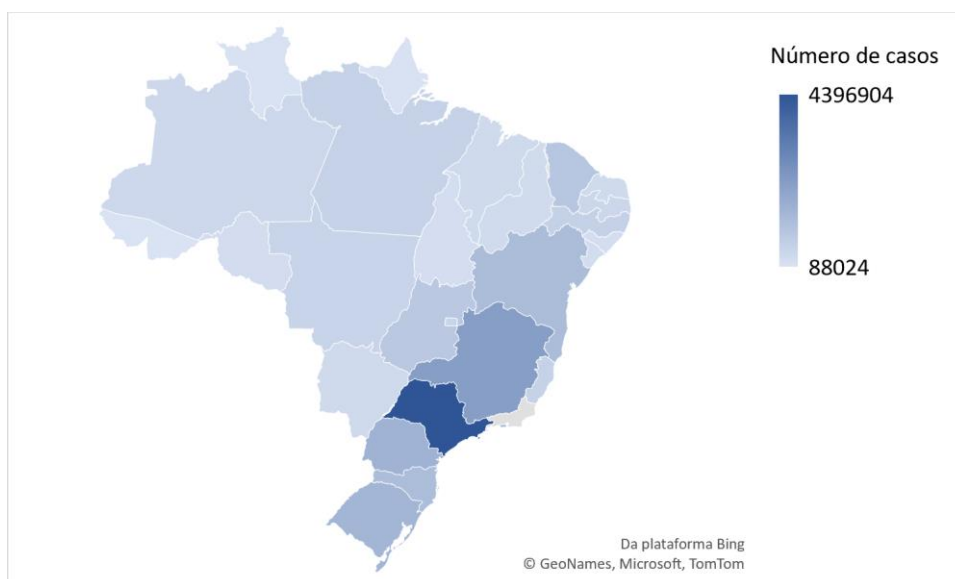
Essa introdução é necessária para entendimento do teste a ser aplicado a números relacionados à pandemia de *Coronavirus Disease 2019* (COVID-19). Serão executados testes de primeira ordem, referentes ao primeiro dígito, ao segundo dígito e aos dois primeiros dígitos.

O interesse em avaliar números da pandemia causada pelo novo coronavírus é advindo do impacto que a contaminação pelo vírus SARS-CoV-2 exerceu sobre diferentes aspectos da realidade. A infecção viral é responsável por causar a pandemia mais mortal do novo milênio, que teve, entre outras consequências, um impacto expressivo nas unidades de saúde pública, causando até mesmo colapso de sistemas de saúde (BOSCHIERO et al, 2021), como em Manaus, capital do Amazonas, em que se verificou, no final de 2020 e no início de 2021, falta de leitos de enfermagem, de leitos de UTI e de oxigênio (BARRETO et al, 2021). Para prevenir a doença, medidas que influenciaram a vivência regular das pessoas foram adotadas, como a implementação de restrições de acesso à diversos locais de forma a incentivar o isolamento social, o que teve severas consequências econômicas (BOSCHIERO et al, 2021). Previsões do Fundo Monetário Internacional (FMI) indicam que perdas na renda *per capita* do período de 2020 a 2022, comparadas a projeções anteriores a pandemia, são equivalentes a 20% do PIB per capita de 2019 em mercados emergentes e em economias em desenvolvimento. Outro cálculo que o *World Economic Outlook*, publicação do FMI, apresenta é o da expectativa que 95 milhões

de pessoas entrem nas estimativas de extrema pobreza em 2020. Um prognóstico complementar é o da Organização Internacional do Trabalho (OIT) que estimou uma perda de 8,8% do total de horas trabalhadas em 2020, seja por conta redução das jornadas de trabalho ou dos empregos perdidos. Uma adicional decorrência da pandemia que vale citação foi a aceleração visualizada em pesquisas, incluindo as pesquisas referentes a vacinas, por parte da comunidade científica (BOSCHIERO et al, 2021).

O número de casos acumulados no Brasil ultrapassou o marco de 21 milhões de registros até a quadragésima segunda semana epidemiológica do ano de 2021 (finalizada em 23 de outubro). O maior número de casos é verificado no estado de São Paulo, conforme observado no gráfico 1, de número de casos por estado, com 4.396.904 evidências contra 88.024 observações no Acre, estado com menor número de casos no país. Contudo, a maior concentração de casos por população é encontrada no estado de Roraima.

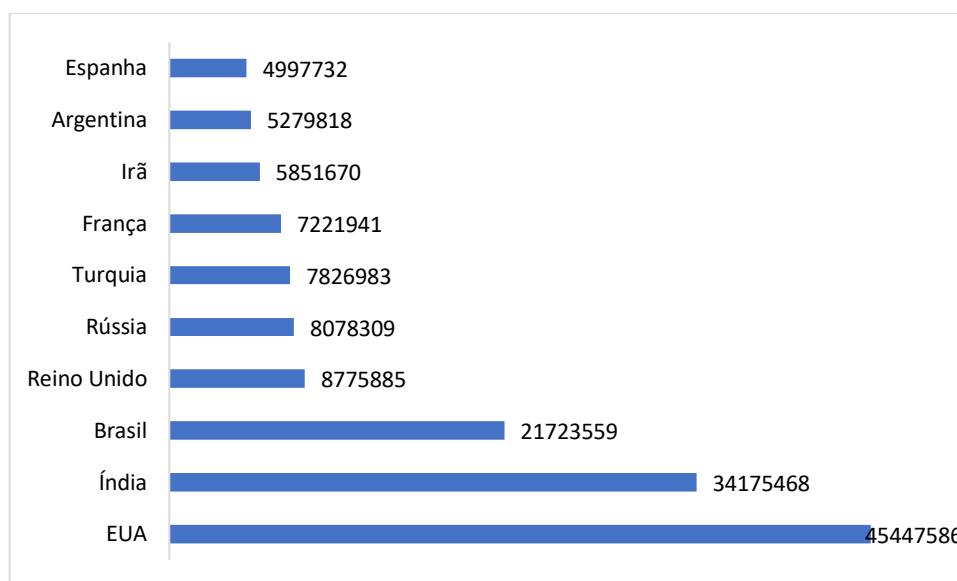
Gráfico 1 - Casos acumulados no Brasil por estado até 23/10/2021.



Fonte: Ministério da Saúde do Brasil.

Em comparação aos registros mundiais, como visualizado no gráfico 2, o Brasil é o terceiro país com maior número de casos acumulados com um total de 21.723.559 até 23/10/2021. Esse valor é representativo de aproximadamente 9% do total de contaminações confirmadas no mundo.

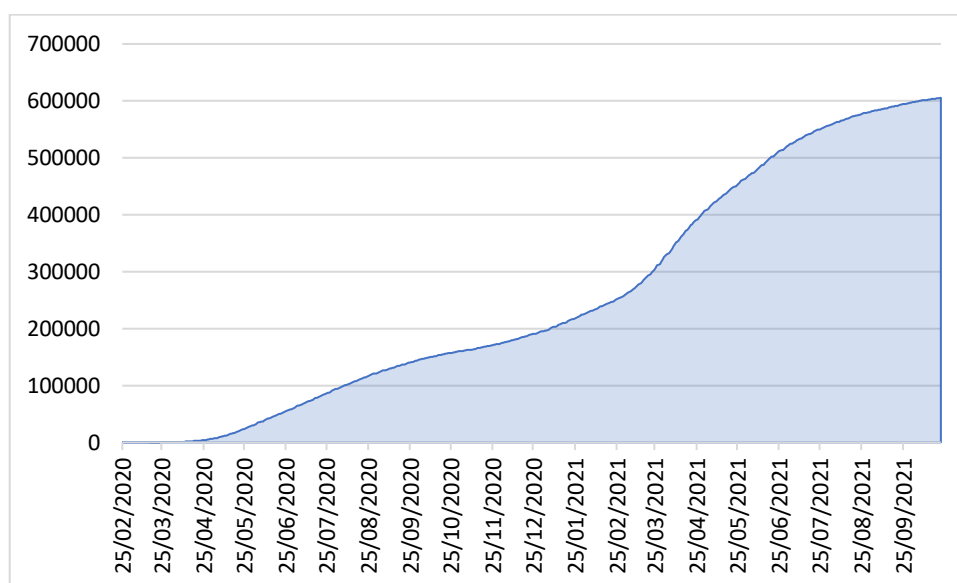
Gráfico 2 - Casos acumulados nos dez países com maiores números de contaminações em 23/10/2021.



Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins.

O número de óbitos no Brasil também é alarmante e tem a progressão registrada conforme o gráfico 3, de número de óbitos acumulados, no qual é possível verificar que o número de mortes no Brasil já ultrapassa as 600 mil.

Gráfico 3 - Óbitos acumulados no Brasil até 23/10/2021

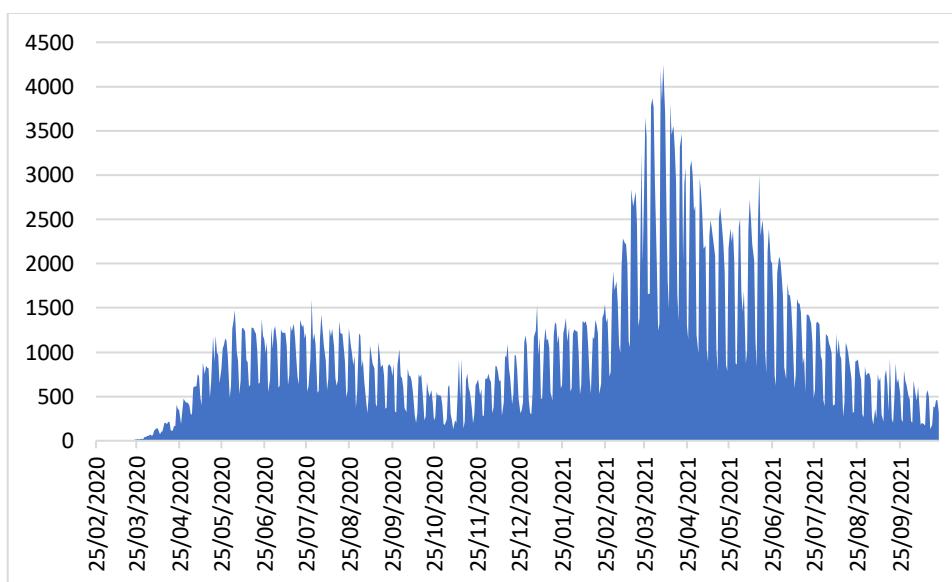


Fonte: Ministério da Saúde

Um conceito, não consensual entre especialistas, para avaliação da progressão da doença é o de “ondas”. Essas indicariam picos da doença, com aumento

progressivo de casos e de mortes. Alguns estudiosos analisam que o fim de uma onda só seria confirmado com redução significativa de casos (ROCHA, 2021). Contudo, há analistas que consideram a existência de duas ondas, a segunda considerada “anômala”, dado que evoluiu antes que a primeira onda tenha se reduzido de forma significativa, de modo que a curva cumulativa de óbitos mudou de tendência antes de alcançar um platô e acelerou outra uma vez. Esse caso é caracterizado também por uma “superposição” das duas ondas, pois, para a curva de dados diários de óbitos, visualizada no gráfico 4, os dois picos correspondentes aos momentos de recrudescimento da doença no país possuem um vale relativamente alto entre eles (MACÊDO et al, 2021).

Gráfico 4 - Óbitos novos de COVID-19 por data de notificação até 23/10/2021



Fonte: Ministério da Saúde

Para entender a grandeza dos dados apresentados, em 23 de outubro de 2021, os registros do total de mortes causadas pela doença COVID-19 em 2021 equivalem a 211% do total de mortes registradas no ano de 2020, conforme dados do Ministério da Saúde do Brasil.

A magnitude desses números impressiona por questões humanitárias, mas também é indicativo de mudanças profundas no cotidiano da população e na conjuntura econômica do país com aumentos expressivos da dívida pública (BRESSER-PEREIRA, 2020) e necessidade de transferências governamentais para pessoas, para estados e para municípios, por exemplo.

Contudo, há um fator que torna essa pandemia diferente de anteriores surtos de contágios de doenças: a cobertura midiática amplificada, com aumento do consumo de notícias (CASERO-RIPOLLÉS, 2020), e a disponibilidade de dados ampliada, o que possibilita a fiscalização do conhecimento divulgado. Ainda assim, é possível observar uma situação de incerteza instaurada, no que diz respeito às informações relativas às características do vírus e da doença, pois informações são limitadas e os prognósticos sobre o futuro são dificultados, ainda mais com o surgimento de variantes do agente viral causador da COVID-19. Não se resume a isso, entretanto, a desinformação relativa à pandemia causada pela contaminação com o SARS-CoV-2, não obstante a publicidade dada aos dados de contaminação e de mortes decorrentes da doença em análise, não se conhece com exatidão a verdadeira taxa de fatalidade da doença, ademais da quantidade de infecções (BUGARIN, 2020b).

Essa nova perspectiva para avaliação dos efeitos da doença causada pelo vírus SARS-CoV-2 indica a possibilidade de subnotificação de casos e de número de óbitos (ORELLANA et al, 2021) devido à falta de testes e à dificuldade operacional para sua realização (“o que leva a um aumento da demora entre a realização e os resultados dos exames” (PRADO et al, 2020)), às orientações para só realizar testes em casos mais graves, à inconsistência dos registros, às dificuldades políticas, como a mudança de ministros responsáveis pela administração do Ministério da Saúde do Brasil, e às características de crises sanitárias, que faz com que subestimação seja um fenômeno comum (IDROVO; MANRIQUE-HERNÁNDEZ; NIÑO, 2021). Há estimativas que supõem que o número de casos tenha sido, em alguns momentos, onze vezes maior que o registrado oficialmente. É o que indica o estudo de Padro et al (2020), “Análise da subnotificação de COVID-19 no Brasil”, onde os pesquisadores utilizaram de comparações internacionais ajustadas para as diversas faixas etárias, como os autores explicam:

Nosso desfecho principal foi relatar a taxa de notificação, ou seja, a percentagem de casos confirmados de COVID-19 que estão sendo reportados. Esse dado foi calculado como a razão entre a taxa de letalidade de casos basal (case-fatality ratio - CFR basal) e a taxa de letalidade de casos observados (CFR observado). Definimos CFR basal como o número de óbitos dividido pelo número de casos da doença. Utilizamos estimativas de CFR a partir da letalidade observada com COVID-19 e casos confirmados na China como a

melhor estimativa de CFR basal. Um estudo realizado pela OMS sugeriu que a probabilidade de morte durante a COVID-19 varia substancialmente segundo a idade do paciente. Assim, consideramos a CFR observada como a CFR ajustada pela idade para o Brasil, utilizando a taxa de mortalidade do estudo da OMS estratificado por faixas etárias (PRADO et al, 2020, p.2).

Não obstante, a supernotificação também é passível de consideração, dada a existência de programas governamentais com objetivo de repasse financeiro a estados de acordo com a incidência de casos, conforme verificado no parágrafo 1º do artigo 5º da lei complementar nº 173 de 27 de maio de 2020 que “Estabelece o Programa Federativo de Enfrentamento ao Coronavírus SARS-CoV-2 (Covid-19)”:

“Art. 5º (...)

§ 1º Os recursos previstos no inciso I, alínea "a", inclusive para o pagamento dos profissionais que atuam no Sistema Único de Saúde (SUS) e no Sistema Único de Assistência Social (Suas), serão distribuídos conforme os seguintes critérios:

I - 40% (quarenta por cento) conforme a taxa de incidência divulgada pelo Ministério da Saúde na data de publicação desta Lei Complementar, para o primeiro mês, e no quinto dia útil de cada um dos 3 (três) meses subsequentes;

II - 60% (sessenta por cento) de acordo com a população apurada a partir dos dados populacionais mais recentes publicados pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em cumprimento ao disposto no art. 102 da Lei nº 8.443, de 16 de julho de 1992.” (Brasil, 2020).

Outra hipótese que sustenta a perspectiva de supernotificação diz respeito à pressão exercida pelo presidente da República para afrouxamento das medidas de distanciamento físico colocadas para evitar contaminações e agravamento da pandemia (THE LANCET, 2020). Dessa forma, é uma possibilidade que exista o aumento de registros de casos não correspondente à realidade por parte de governantes locais objetivando que a população respeite as restrições colocadas.

Os seguintes capítulos, portanto, propõem-se a revisar os contextos em que a Lei de Benford é utilizada com a avaliação de trabalhos sobre auditoria de obras públicas, ademais da recapitulação de estudos de âmbitos nacionais e internacionais acerca da conformidade de dados divulgados sobre a COVID-19. Além disso, são executados testes para verificação da distribuição de números de casos e de óbitos

no Brasil com relação à conformidade prevista na Lei de Benford com utilização de dados fragmentados em seis semanas epidemiológicas (42 dias). O objetivo dessa seção é investigar a existência de fases mais congruentes ou não.

As avaliações são realizadas também em períodos mais longos com a separação por estados mais relevantes e pelas cinco regiões do país e com a utilização de dados de diferentes países (por exemplo: França, Estados Unidos e Turquia) para traçar uma comparação da confiabilidade de dados entre os países selecionados e o Brasil. Ademais, ocorre a aplicação de testes estatísticos, como o Qui-Quadrado e a Média dos Desvios Absolutos, para verificação da robustez dos resultados encontrados e da evolução temporal da conformidade.

A utilização dos testes para verificação da conformidade com a Lei de Benford pode indicar um método eficiente para investigar casos de sub e supernotificação de registros da doença COVID-19. Esse estudo se justifica por conta da importância da percepção correta de dados para tomada de decisão em momentos de crise ou prevenção de crises de saúde pública, para evitar pânico entre os cidadãos e para apoiar o gerenciamento de aspectos de atividades da vida regular, como a incorporação de medidas não farmacológicas de contenção da doença, por exemplo (IDROVO et al, 2021). É de suma relevância a análise de que é substancial monitorar a ocorrência de casos e óbitos causados pela doença, por conta “da definição de propostas de avaliação de risco e de medidas de relaxamento a serem adotadas oportunamente pelos estados e municípios” (CORRÊA et al, 2020). Ainda sobre a definição de políticas por parte da gestão pública, salienta-se que a elaboração de direcionamentos políticos baseados em evidência exige informações confiáveis e válidas que, por sua vez, dependem de mecanismos institucionais de transparência e divulgação. (SILVA, L., FIGUEIREDO, 2021).

CAPÍTULO 2: APLICAÇÕES DA LEI DE BENFORD

Conforme apresentado anteriormente, a Lei de Benford é uma ferramenta que pode auxiliar na detecção de dados fabricados, dada a hipótese de que dados sem manipulação seguiriam a distribuição de Benford (BUGARIN; CUNHA; PORTUGAL, 2016). É importante notar, todavia, “que a conformidade do conjunto de dados com a Lei de Benford não necessariamente implica autenticidade, mas a não-conformidade deve levantar algum nível de suspeita” (CAFÉ, 2015, p.10). Assim sendo, é válido explorar em quais situações a utilização da Lei de Benford se verifica.

A aplicação mais difundida da lei é no campo da detecção de fraude contábil, referente à fabricação de dados, à manipulação e à alteração de valores. Contudo, o método não se limita à auditoria de resultados contábeis, dado que é utilizado também para verificação de informações macroeconômicas, por exemplo. É o caso do estudo de T. Michalski e G. Stoltz (2013) que usa da Lei de Benford para avaliar dados financeiros do Fundo Monetário Internacional e que encontra evidências que apoiam a hipótese de que países modificam estrategicamente dados que serão publicados (BERGER; HILL, 2015).

Entretanto, atendo-se a uma perspectiva cronológica, Varian (1972) discute a razoabilidade de resultados de modelos de previsão de dados econômicos, demográficos e de planejamento com o uso da Lei de Benford, uma vez que se os dados de origem seguissem a distribuição logarítmica, também os dados projetados deveriam segui-la. Tal lei também é utilizada por Carslaw (1988), que verifica o arredondamento para cima de ganhos de empresas na Nova Zelândia apoiado no teste do segundo dígito. Thomas (1989) encontra resultados semelhantes para firmas nos Estados Unidos (DURTSCHI; HILLISON; PACINI, 2004).

Em Nigrini (1994), sugere-se o uso da lei dos números anômalos para detectar fraude a partir de um estudo que averigua adulteração em folhas de pagamento, no qual se visualiza que os dados fraudados desviaram significativamente do apresentado na Lei de Benford. Já em Nigrini (1996), a conformidade investigada é relativa a dados de declarações de imposto de renda. O autor investiga que valores de juros recebidos e pagos estavam em concordância com a Lei de Benford, mas apresentavam uma tendência de excesso de dígitos baixos para juros recebidos e de excesso de dígitos altos para juros pagos. O trabalho de Nigrini se estende e apresenta aplicabilidades da Lei de Benford para auditoria de fraudes em diversos dados, como, por exemplo, informações de contas a pagar, estimativas de

contabilidade geral, pagamentos duplicados, reembolsos de clientes, receitas, cheques cancelados e estoque (MILLER, 2015).

Um dos primeiros casos de sucesso desse método foi reportado pelo *Wall Street Journal* em 1995, quando o *District Attorney* do Brooklyn utilizou de testes de conformidade para o primeiro dígito para identificar e para acusar sete companhias nova-iorquinas por ilegalidades (BERGER; HILL, 2015).

Outra importante aplicação da propriedade enunciada por Benford é a auditoria de obras públicas. Bugarin e Cunha (2015a) ressaltam a importância de governos desenvolverem ferramentas eficientes para identificação de manipulação de dados e de superfaturamento nas aquisições governamentais, posto que países, aqueles em desenvolvimento principalmente, lidam com recursos restritos e, dessa forma, esforços devem ser empreendidos para que o dinheiro público seja utilizado apropriadamente.

Nesse sentido, alguns trabalhos merecem destaque, é o caso de Bugarin e Cunha (2014) e Bugarin e Cunha (2015a). Esses estudos avaliaram, respectivamente, a aplicação da Lei Newcomb-Benford aos custos unitários da planilha orçamentária das obras de remodelação do Maracanã (análise feita também em Cunha e Bugarin, 2015b), estádio de futebol localizado no Rio de Janeiro (o que detectou 71,54% do sobrepreço encontrado por análises feitas pelo Tribunal de Contas da União), e a aplicação da Lei Newcomb-Benford aos custos totais realizados na construção da Arena da Amazônia (análise feita também em Cunha e Bugarin, 2015c), estádio de futebol localizado no Amazonas, com a apresentação de um algoritmo para seleção da amostra a ser auditada, esse algoritmo é detalhado em Cunha, Bugarin e Portugal (2016).

Também se ressalta Bugarin e Cunha (2017), onde o algoritmo é testado para preços do orçamento da obra de reforma do Aeroporto Internacional Tancredo Neves em Minas Gerais. Essa análise compara os resultados da auditoria executada com a Lei de Benford com a realizada utilizando o método da Curva ABC que “consiste na seleção de cerca de 20% dos serviços (os mais caros da obra), em ordem decrescente de relevância financeira, totalizando aproximadamente 80% do valor total do orçamento” (BUGARIN; CUNHA, 2017, p.917) e identifica, utilizando a Lei de Benford, itens de atenção que não passaram pelo escrutínio da entidade fiscalizadora.

Um último trabalho no tema indica a eficiência que pode ser adquirida ao se utilizar a distribuição de Benford para auditoria: o estudo revelou 73,40% do

superfaturamento apontado pelo Tribunal de Contas do Distrito Federal em itens equivalentes a apenas 38,17% do valor total da obra pública (corredor de transporte no Distrito Federal conhecido como Expresso DF Sul ou VLP) (CAFÉ, BUGARIN, PORTUGAL, 2021).

Ainda nos possíveis usos da Lei de Benford, evidencia-se o trabalho de Mebane (2006) que aplica o teste do segundo dígito para auditorias de resultados eleitorais, como, por exemplo, para a eleição presidencial de 2006 do México. Também vale ressaltar a possibilidade de análise de contribuições para fundos eleitorais, como o trabalho realizado por Cho e Gaines (2007) com dados de seis campanhas eleitorais consecutivas para presidência dos Estados Unidos e que alcançou, como resultado, uma sinalização da presença de manipulação de dados ou de má manutenção dos registros (hipótese também levantada pelos autores) em eleições mais recentes em comparação com as mais antigas (BUGARIN; CUNHA, 2015a). Essa análise em questão encontrou excesso do dígito 9 e sub-representação do dígito 1 na posição de primeiro dígito.

No concernente à dados sanitários, alguns estudos se materializaram na área. A consonância com a Lei de Benford foi explorada para averiguar qualidade de dados na pandemia de influenza A(H1N1), na epidemia de dengue no Paraguai (2009-2011) e na epidemia de Zika nas Américas, por exemplo (IDROVO; MANRIQUE-HERNÁNDEZ; NIÑO, 2021).

Mais recentemente, a investigação empreendida por pesquisadores diz respeito à pandemia de Covid-19. Bugarin (2020a) encontrou conformidade dos dados de casos acumulados brasileiros, fornecidos pelo Ministério da Saúde do Brasil até 15 de setembro de 2020, com a distribuição de Benford. Idrovo, Manrique-Hernández, Niño (2021) testam a qualidade dos dados do Brasil utilizando da Lei de Benford e ressaltam que dados de qualidade não impedem a subnotificação, dado que essa seria um fenômeno comum em crises de saúde. O estudo ainda sugere que o sistema de vigilância sanitária do país teve uma performance aceitável até junho de 2020, no que diz respeito à qualidade dos dados, mas que, a partir de julho de 2020, para os dados de óbitos acumulados fornecidos pela Organização Mundial da Saúde, e a partir de agosto de 2020, para o acumulado de casos, as informações divulgadas já não satisfaziam a Lei de Benford (a análise foi conduzida até 16 de agosto de 2020). Outra consideração do artigo é que mortes registradas são mais difíceis de serem manipuladas, dessa forma, o número de óbitos acumulados mostrou maior

conformidade com a lei aqui tratada. Os dois estudos mencionados iniciam suas análises em 25 de fevereiro de 2020, quando o primeiro caso de COVID-19 foi reportado no território brasileiro.

Em uma perspectiva global, Lee, Han, Jeong (2020) provam que, em países em que a curva do número de infectados e de mortos é estabilizada, os dados das contaminações e dos óbitos não seguem a Lei de Benford com base em um modelo teórico para crescimento da pandemia. Seguir a distribuição de Benford dependeria, portanto, da adequação da taxa de crescimento da contaminação a um parâmetro descoberto pelos estudiosos. Já Koch e Okamura (2020) investigam o caso chinês, pertinente devido às tensões geopolíticas que culminaram em declarações da mídia e de representantes governamentais em que se supunha manipulação de dados para minimizar o impacto da pandemia na China. Destarte, os autores utilizaram da Lei de Benford para testar a confiabilidade dos dados e encontraram conformidade das informações divulgadas pelo governo chinês com a referida lei. Os especialistas também ressaltam como mudanças de amostras, no sentido de modificação dos grupos testados, pode influenciar na conformidade com a Lei de Benford, como, por exemplo, alteração da política de testagem de apenas hospitalizados para sintomáticos que não estão internados.

CAPÍTULO 3: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE TEMPORAL

O objetivo deste capítulo é investigar a existência de períodos mais congruentes ou não com a Lei de Benford. Para tanto, são executados os testes do primeiro dígito, do segundo dígito e dos dois primeiros dígitos e, posteriormente, realiza-se os testes estatísticos Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos para verificação da distribuição de números de casos e de óbitos causados por COVID-19 no Brasil e sua correspondência com a distribuição de Benford.

Para análise da evolução temporal da conformidade, os dados de contaminações e de mortes acumulados até a data de 23/10/2021 foram fragmentados em doze semanas epidemiológicas, o que é equivalente a 84 dias. A sequencialidade dos testes se dá em intervalos intercalados, a serem iniciados pelo período da nona semana epidemiológica de 2020 (quando o primeiro caso de COVID-19 foi notificado) até a vigésima semana de 2020, em seguida, da décima semana de 2020 até a vigésima primeira semana de 2020 e assim sucessivamente.

Foram executados testes para 33 amostras com dados apenas de 2020, 12 amostras com dados de 2020 e 2021 e 31 amostras com dados de apenas 2021, totalizando 76 segmentos de dados. Todas as segmentações de dados possuem 2268 informações, com exceção da primeira, que possui 2214 elementos, pois a contagem de casos e de mortes foi iniciada no terceiro dia da nona semana epidemiológica de 2020 quando a primeira contaminação por COVID-19 foi detectada.

As amostras foram construídas com a adição de dados referentes às 27 unidades federativas, ou seja, uma tabela foi confeccionada com a conjugação das informações de cada estado e o Distrito Federal (27) em seis semanas (84 dias), resultando em 2268 números a serem analisados a cada amostra.

As marcações amarelas nos gráficos de evolução do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos indicam os momentos de mudança de ministros responsáveis pela pasta da saúde no Brasil. A primeira marca representa a entrada de Nelson Teich em 17 de abril de 2020, a segunda, a entrada de Eduardo Pazuello, em 2 de junho de 2020 e a terceira e última é representativa do momento em que Marcelo Queiroga assume o posto de Ministro da Saúde do Brasil em 23 de março de 2021.

Teste do Primeiro Dígito

O teste do primeiro dígito compara as frequências encontradas para os dígitos de 1 a 9 na posição de primeiro dígito e as frequências esperadas de Benford. Esse teste foi realizado para os 76 segmentos de dados. Após serem encontradas as distribuições dos dígitos de 1 a 9 nas amostras de casos e de óbitos no Brasil, os testes Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos foram executados e os resultados são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 4 – Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste do primeiro dígito.

Semanas epidemiológicas	Qui-Quadrado	Semanas epidemiológicas	Média dos Desvios Absolutos
23/02/2020 a 16/05/2020	29,423	23/02/2020 a 16/05/2020	0,012
01/03/2020 a 23/05/2020	23,694	01/03/2020 a 23/05/2020	0,010
08/03/2020 a 30/05/2020	20,955	08/03/2020 a 30/05/2020	0,008
15/03/2020 a 06/06/2020	10,554	15/03/2020 a 06/06/2020	0,006
22/03/2020 a 13/06/2020	5,545	22/03/2020 a 13/06/2020	0,004
29/03/2020 a 20/06/2020	8,756	29/03/2020 a 20/06/2020	0,005
05/04/2020 a 27/06/2020	6,103	05/04/2020 a 27/06/2020	0,004
12/04/2020 a 04/07/2020	3,539	12/04/2020 a 04/07/2020	0,003
19/04/2020 a 11/07/2020	6,442	19/04/2020 a 11/07/2020	0,005
26/04/2020 a 18/07/2020	9,562	26/04/2020 a 18/07/2020	0,005
03/05/2020 a 25/07/2020	11,554	03/05/2020 a 25/07/2020	0,006
10/05/2020 a 01/08/2020	18,096	10/05/2020 a 01/08/2020	0,009
17/05/2020 a 08/08/2020	32,450	17/05/2020 a 08/08/2020	0,011
24/05/2020 a 15/08/2020	56,455	24/05/2020 a 15/08/2020	0,012
31/05/2020 a 22/08/2020	59,824	31/05/2020 a 22/08/2020	0,014
07/06/2020 a 29/08/2020	54,495	07/06/2020 a 29/08/2020	0,014
14/06/2020 a 05/09/2020	48,413	14/06/2020 a 05/09/2020	0,014
21/06/2020 a 12/09/2020	45,032	21/06/2020 a 12/09/2020	0,013
28/06/2020 a 19/09/2020	58,475	28/06/2020 a 19/09/2020	0,015
05/07/2020 a 26/09/2020	83,883	05/07/2020 a 26/09/2020	0,019
12/07/2020 a 03/10/2020	126,597	12/07/2020 a 03/10/2020	0,022
19/07/2020 a 10/10/2020	152,505	19/07/2020 a 10/10/2020	0,023
26/07/2020 a 17/10/2020	185,765	26/07/2020 a 17/10/2020	0,027
02/08/2020 a 24/10/2020	220,135	02/08/2020 a 24/10/2020	0,031
09/08/2020 a 31/10/2020	230,916	09/08/2020 a 31/10/2020	0,032
16/08/2020 a 07/11/2020	274,483	16/08/2020 a 07/11/2020	0,036
23/08/2020 a 14/11/2020	295,965	23/08/2020 a 14/11/2020	0,037
30/08/2020 a 21/11/2020	295,287	30/08/2020 a 21/11/2020	0,035
06/09/2020 a 28/11/2020	287,555	06/09/2020 a 28/11/2020	0,033
13/09/2020 a 05/12/2020	259,382	13/09/2020 a 05/12/2020	0,030
20/09/2020 a 12/12/2020	236,242	20/09/2020 a 12/12/2020	0,027
27/09/2020 a 19/12/2020	224,958	27/09/2020 a 19/12/2020	0,027
04/10/2020 a 26/12/2020	191,794	04/10/2020 a 26/12/2020	0,025
11/10/2020 a 02/01/2021	151,569	11/10/2020 a 02/01/2021	0,023
18/10/2020 a 09/01/2021	119,364	18/10/2020 a 09/01/2021	0,021
25/10/2020 a 16/01/2021	99,796	25/10/2020 a 16/01/2021	0,019
01/11/2020 a 23/01/2021	73,146	01/11/2020 a 23/01/2021	0,016
08/11/2020 a 30/01/2021	50,331	08/11/2020 a 30/01/2021	0,013
15/11/2020 a 06/02/2021	40,950	15/11/2020 a 06/02/2021	0,012
22/11/2020 a 13/02/2021	42,323	22/11/2020 a 13/02/2021	0,011
29/11/2020 a 20/02/2021	45,384	29/11/2020 a 20/02/2021	0,012
06/12/2020 a 27/02/2021	52,504	06/12/2020 a 27/02/2021	0,012
13/12/2020 a 06/03/2021	66,019	13/12/2020 a 06/03/2021	0,013
20/12/2020 a 13/03/2021	57,673	20/12/2020 a 13/03/2021	0,011
27/12/2020 a 20/03/2021	62,358	27/12/2020 a 20/03/2021	0,013
03/01/2021 a 27/03/2021	85,552	03/01/2021 a 27/03/2021	0,016
10/01/2021 a 03/04/2021	105,241	10/01/2021 a 03/04/2021	0,018

10/01/2021 a 03/04/2021	105,241	10/01/2021 a 03/04/2021	0,018
17/01/2021 a 10/04/2021	126,671	17/01/2021 a 10/04/2021	0,021
24/01/2021 a 17/04/2021	139,135	24/01/2021 a 17/04/2021	0,022
31/01/2021 a 24/04/2021	146,805	31/01/2021 a 24/04/2021	0,024
07/02/2021 a 01/05/2021	168,649	07/02/2021 a 01/05/2021	0,026
14/02/2021 a 08/05/2021	191,132	14/02/2021 a 08/05/2021	0,029
21/02/2021 a 15/05/2021	220,724	21/02/2021 a 15/05/2021	0,032
28/02/2021 a 22/05/2021	247,600	28/02/2021 a 22/05/2021	0,034
07/03/2021 a 29/05/2021	269,989	07/03/2021 a 29/05/2021	0,035
14/03/2021 a 05/06/2021	264,421	14/03/2021 a 05/06/2021	0,033
21/03/2021 a 12/06/2021	270,828	21/03/2021 a 12/06/2021	0,033
28/03/2021 a 19/06/2021	269,260	28/03/2021 a 19/06/2021	0,033
04/04/2021 a 26/06/2021	242,565	04/04/2021 a 26/06/2021	0,032
11/04/2021 a 03/07/2021	212,603	11/04/2021 a 03/07/2021	0,030
18/04/2021 a 10/07/2021	195,219	18/04/2021 a 10/07/2021	0,029
25/04/2021 a 17/07/2021	189,075	25/04/2021 a 17/07/2021	0,027
02/05/2021 a 24/07/2021	185,330	02/05/2021 a 24/07/2021	0,025
09/05/2021 a 31/07/2021	195,297	09/05/2021 a 31/07/2021	0,024
16/05/2021 a 07/08/2021	209,414	16/05/2021 a 07/08/2021	0,023
23/05/2021 a 14/08/2021	216,414	23/05/2021 a 14/08/2021	0,024
30/05/2021 a 21/08/2021	222,523	30/05/2021 a 21/08/2021	0,025
06/06/2021 a 28/08/2021	231,469	06/06/2021 a 28/08/2021	0,026
13/06/2021 a 04/09/2021	241,902	13/06/2021 a 04/09/2021	0,027
20/06/2021 a 11/09/2021	252,296	20/06/2021 a 11/09/2021	0,028
27/06/2021 a 18/09/2021	261,296	27/06/2021 a 18/09/2021	0,028
04/07/2021 a 25/09/2021	266,131	04/07/2021 a 25/09/2021	0,028
11/07/2021 a 02/10/2021	265,181	11/07/2021 a 02/10/2021	0,028
18/07/2021 a 09/10/2021	264,350	18/07/2021 a 09/10/2021	0,028
25/07/2021 a 16/10/2021	266,153	25/07/2021 a 16/10/2021	0,028
01/08/2021 a 23/10/2021	258,820	01/08/2021 a 23/10/2021	0,029

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

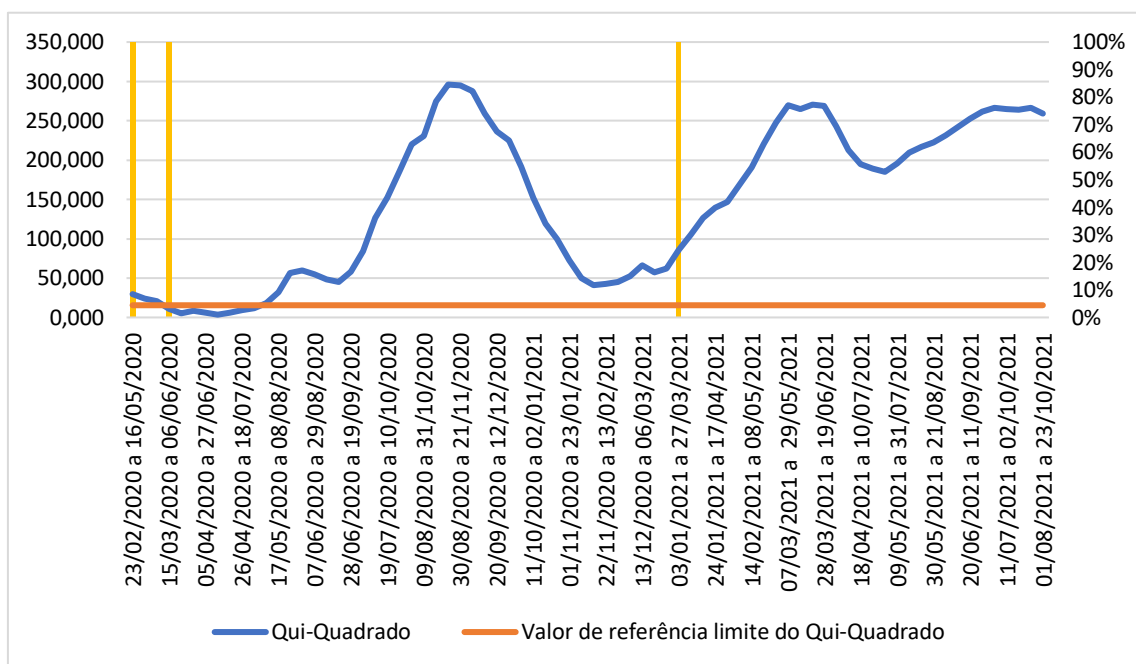
Estão em destaque (pintados de cinza), na coluna “Qui-Quadrado”, os valores abaixo do valor crítico de 15,507 para 8 graus de liberdade e para 5% de significância. Esses números não rejeitam a hipótese nula de que haveria conformidade com a Lei de Benford, mas todos os demais sim. Vale ressaltar ainda que quanto maior o Qui-Quadrado calculado, maior o distanciamento da distribuição visualizada da distribuição de Benford (NIGRINI, 2012). Atrai atenção, portanto, o período compreendido entre 23/08/2020 e 14/11/2020, cujo resultado do teste Qui-Quadrado é de 295,964, um valor muito distante do referencial crítico de 15,507.

Já na coluna “MDA”, com os resultados calculados por meio da Média dos Desvios Absolutos, estão em destaque os valores em que a conformidade é aceitável em cinza escuro e, em cinza claro, os valores em que a conformidade é aproximada de acordo com a referência de Drake e Nigrini (2000).

A conformidade com a Lei de Benford para o número de casos, de acordo com os valores calculados para o Qui-Quadrado, possui picos como pode ser visualizado no gráfico abaixo. O primeiro pico tem seu máximo no período compreendido entre agosto e novembro de 2020, o segundo pico, entre março e junho de 2021 e, por fim, o terceiro se inicia em junho a setembro de 2021. Recordar-se que quanto maior o valor do teste Qui-Quadrado, maior a indicação de distanciamento da distribuição de

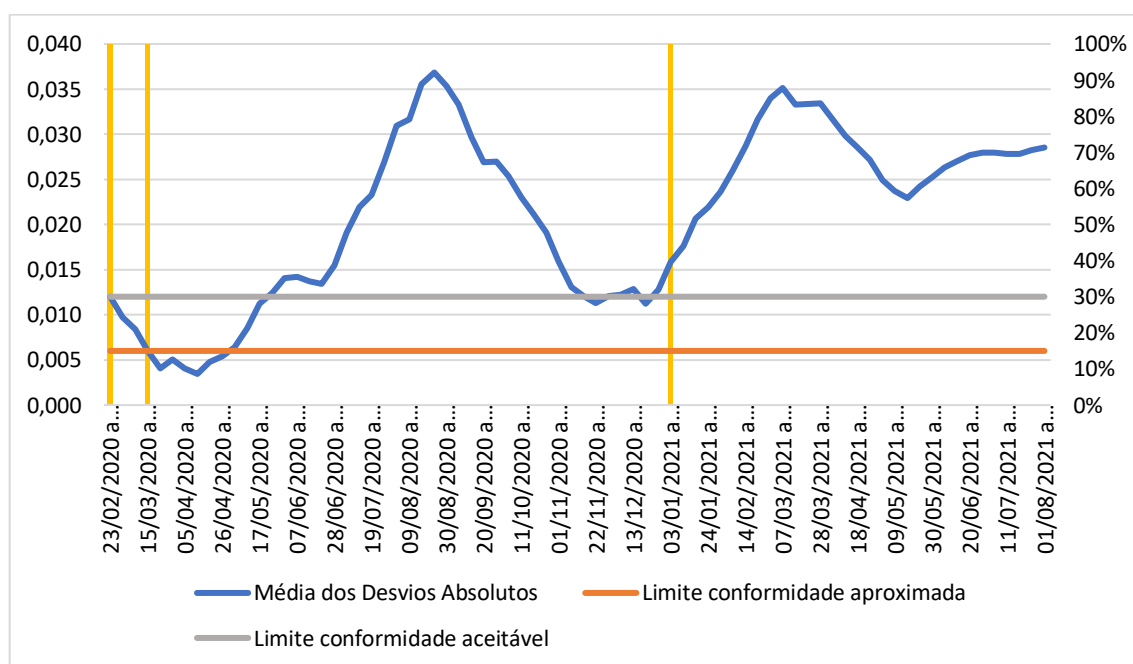
Benford. O gráfico da Média dos Desvios Absolutos aponta dois picos coincidentes com os dois primeiros indicados pelo teste Qui-Quadrado.

Gráfico 5 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos para teste do primeiro dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 6 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de casos para teste do primeiro dígito.



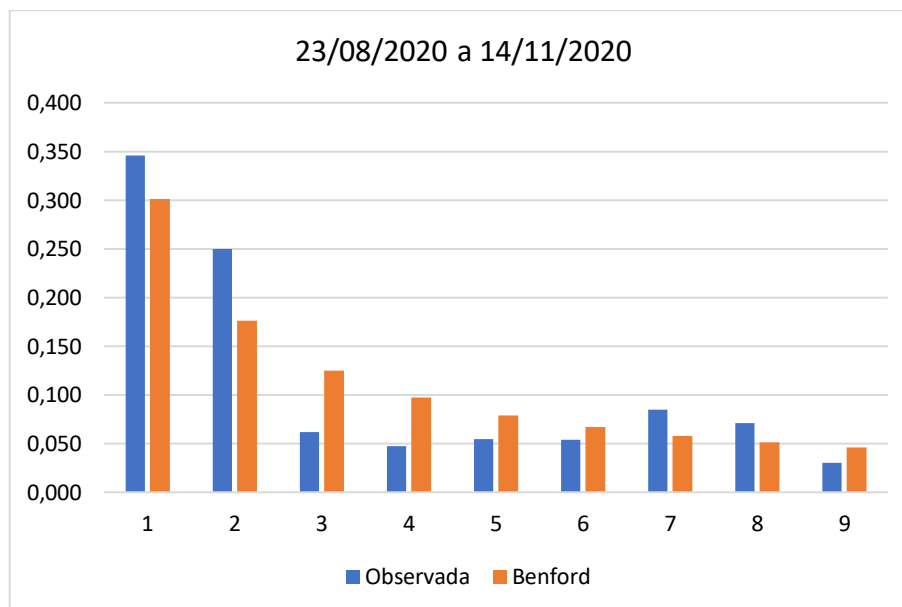
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os quatro meses de 2020 em que a conformidade com a Lei de Benford para o número de casos não é verificada e em que o valor calculado do Qui-Quadrado mais se distancia do valor crítico são agosto, setembro, outubro e novembro. Já em 2021, os meses em que há o maior registro para o Qui-Quadrado calculado e, conseqüentemente, o maior distanciamento da Lei de Benford são março, abril, maio e junho. Para esses meses, uma análise mais minuciosa se justifica.

Avaliando com maior rigor agosto, setembro, outubro e novembro de 2020, é possível visualizar no gráfico abaixo, para o período de 23/08/2020 a 14/11/2020, a existência de mais registros do que o esperado para os dígitos 1, 2, 7 e 8. Já, para os dígitos 3, 4, 5, 6 e 9, a distribuição de Benford prevê maior recorrência do que o observado.

A estatística Z registra o maior valor para o dígito 2 (9,23), superior ao valor de corte do teste (1,96), e indica que o distanciamento do dígito 2 da frequência de Benford é maior que o distanciamento dos dígitos 1, 7 e 8.

Gráfico 7 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de casos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas de 23/08/2020 a 14/11/2020.

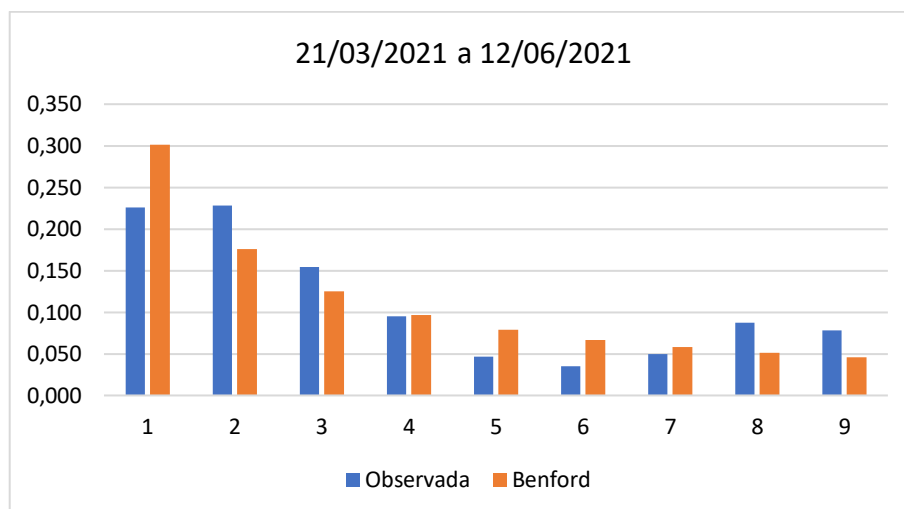


Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já examinando os meses que merecem destaque de 2021, observa-se o que segue no gráfico: excesso dos dígitos 2, 3, 8 e 9 (o penúltimo apontado como o mais

distante da frequência de Benford pela estatística Z), conformidade dos dígitos 4 e 7 e escassez dos dígitos 1, 5 e 6.

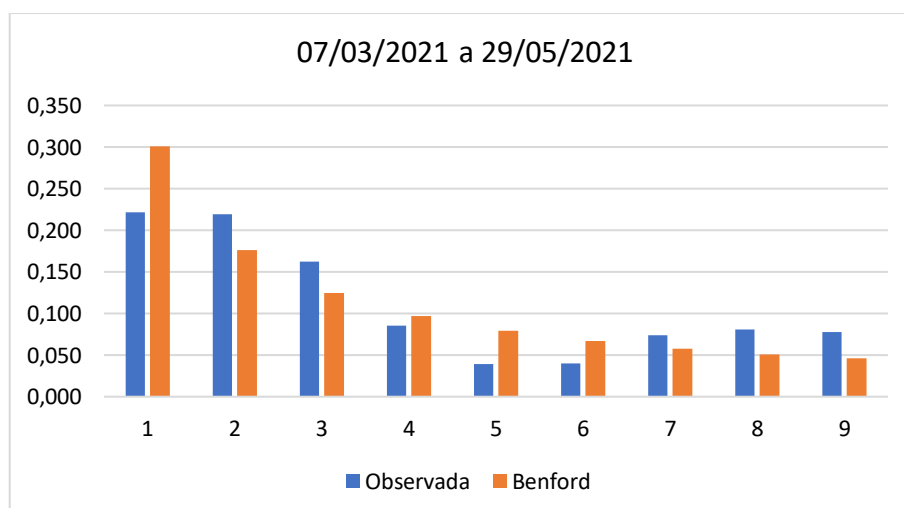
Gráfico 8 Pico do Qui-Quadrado em 2021 para número de casos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas de 21/03/2021 a 12/06/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

O intervalo com maior valor registrado da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de casos para o teste do primeiro dígito é o que se encontra no gráfico abaixo. Nele é possível observar conformidade do dígito 4, excesso de aparições de 2, 3, 7, 8 e 9, sendo que o mais expressivo pela estatística Z é o excesso do 9. Já a escassez é visualizada para 1 (mais expressiva pela estatística Z), 4, 5 e 6.

Gráfico 9 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de casos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas para 07/03/2021 a 29/05/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Estão em evidência também (pintados de cinza) nas próximas tabelas, com dados de números de óbitos, na coluna “Qui-Quadrado”, os valores abaixo do valor crítico de 15,507 para 8 graus de liberdade e para 5% de significância. Esses números não rejeitam a hipótese nula de que haveria conformidade com a Lei de Benford, mas todos os demais sim.

Já na coluna “MDA”, com os resultados calculados por meio da Média dos Desvios Absolutos, estão em destaque, em cinza mais escuro, os valores em que a conformidade é apenas aceitável, de acordo com a referência de Drake e Nigrini (2000). Em cinza mais claro, os valores para qual a conformidade é aproximada.

Impressiona a distância entre o valor Qui-Quadrado do segmento 01/08/2021 a 23/10/2021, 794,908, e o valor crítico de 15,507.

Tabela 5 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de óbitos para teste do primeiro dígito.

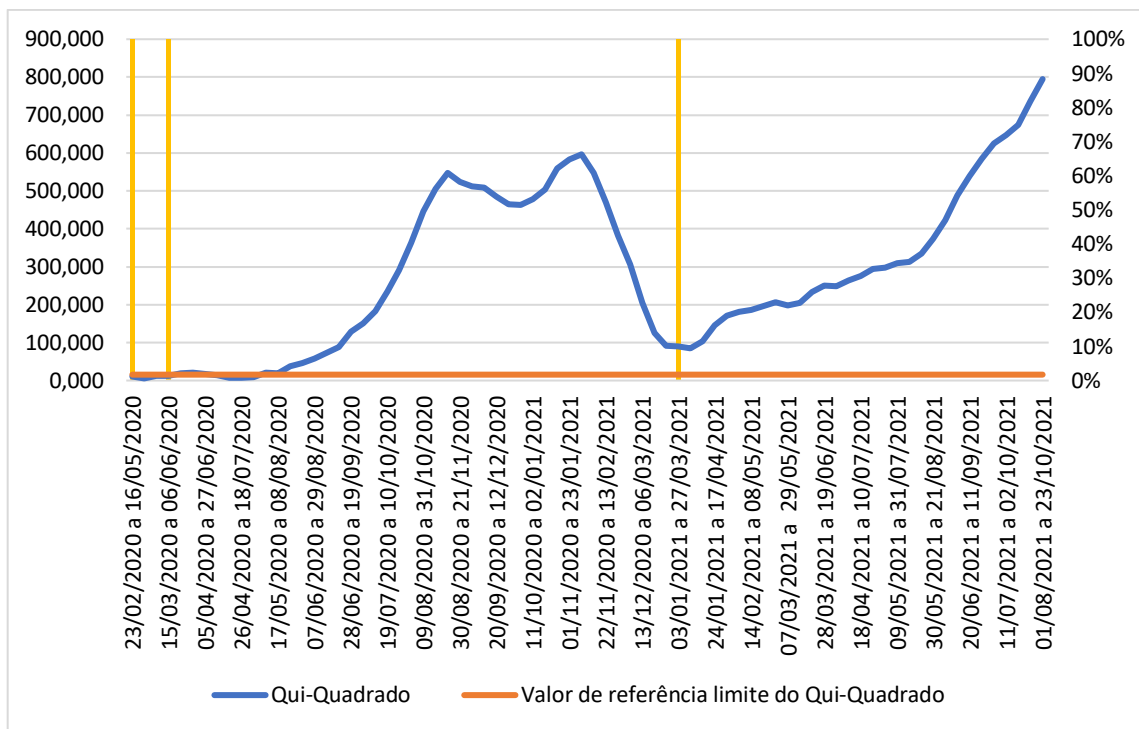
Semanas epidemiológicas	Qui-Quadrado	Semanas epidemiológicas	Média dos Desvios Absolutos
23/02/2020 a 16/05/2020	10,202	23/02/2020 a 16/05/2020	0,007
01/03/2020 a 23/05/2020	5,556	01/03/2020 a 23/05/2020	0,005
08/03/2020 a 30/05/2020	11,604	08/03/2020 a 30/05/2020	0,008
15/03/2020 a 06/06/2020	11,445	15/03/2020 a 06/06/2020	0,008
22/03/2020 a 13/06/2020	18,603	22/03/2020 a 13/06/2020	0,009
29/03/2020 a 20/06/2020	20,928	29/03/2020 a 20/06/2020	0,009
05/04/2020 a 27/06/2020	16,753	05/04/2020 a 27/06/2020	0,009
12/04/2020 a 04/07/2020	13,741	12/04/2020 a 04/07/2020	0,008
19/04/2020 a 11/07/2020	7,184	19/04/2020 a 11/07/2020	0,005
26/04/2020 a 18/07/2020	7,721	26/04/2020 a 18/07/2020	0,004
03/05/2020 a 25/07/2020	8,513	03/05/2020 a 25/07/2020	0,006
10/05/2020 a 01/08/2020	20,487	10/05/2020 a 01/08/2020	0,009
17/05/2020 a 08/08/2020	19,528	17/05/2020 a 08/08/2020	0,009
24/05/2020 a 15/08/2020	38,263	24/05/2020 a 15/08/2020	0,011
31/05/2020 a 22/08/2020	46,390	31/05/2020 a 22/08/2020	0,011
07/06/2020 a 29/08/2020	57,992	07/06/2020 a 29/08/2020	0,012
14/06/2020 a 05/09/2020	73,784	14/06/2020 a 05/09/2020	0,014
21/06/2020 a 12/09/2020	88,905	21/06/2020 a 12/09/2020	0,016
28/06/2020 a 19/09/2020	128,803	28/06/2020 a 19/09/2020	0,020
05/07/2020 a 26/09/2020	150,542	05/07/2020 a 26/09/2020	0,023
12/07/2020 a 03/10/2020	182,659	12/07/2020 a 03/10/2020	0,026
19/07/2020 a 10/10/2020	234,603	19/07/2020 a 10/10/2020	0,030
26/07/2020 a 17/10/2020	290,662	26/07/2020 a 17/10/2020	0,033
02/08/2020 a 24/10/2020	363,749	02/08/2020 a 24/10/2020	0,038
09/08/2020 a 31/10/2020	445,468	09/08/2020 a 31/10/2020	0,042
16/08/2020 a 07/11/2020	505,663	16/08/2020 a 07/11/2020	0,044
23/08/2020 a 14/11/2020	546,708	23/08/2020 a 14/11/2020	0,046

30/08/2020 a 21/11/2020	523,508	30/08/2020 a 21/11/2020	0,044
06/09/2020 a 28/11/2020	512,582	06/09/2020 a 28/11/2020	0,043
13/09/2020 a 05/12/2020	508,582	13/09/2020 a 05/12/2020	0,045
20/09/2020 a 12/12/2020	485,345	20/09/2020 a 12/12/2020	0,046
27/09/2020 a 19/12/2020	465,012	27/09/2020 a 19/12/2020	0,045
04/10/2020 a 26/12/2020	463,914	04/10/2020 a 26/12/2020	0,045
11/10/2020 a 02/01/2021	477,754	11/10/2020 a 02/01/2021	0,044
18/10/2020 a 09/01/2021	504,056	18/10/2020 a 09/01/2021	0,044
25/10/2020 a 16/01/2021	558,891	25/10/2020 a 16/01/2021	0,046
01/11/2020 a 23/01/2021	582,432	01/11/2020 a 23/01/2021	0,048
08/11/2020 a 30/01/2021	595,979	08/11/2020 a 30/01/2021	0,048
15/11/2020 a 06/02/2021	546,837	15/11/2020 a 06/02/2021	0,046
22/11/2020 a 13/02/2021	470,654	22/11/2020 a 13/02/2021	0,043
29/11/2020 a 20/02/2021	381,414	29/11/2020 a 20/02/2021	0,038
06/12/2020 a 27/02/2021	306,263	06/12/2020 a 27/02/2021	0,033
13/12/2020 a 06/03/2021	203,986	13/12/2020 a 06/03/2021	0,028
20/12/2020 a 13/03/2021	125,426	20/12/2020 a 13/03/2021	0,022
27/12/2020 a 20/03/2021	92,376	27/12/2020 a 20/03/2021	0,017
03/01/2021 a 27/03/2021	89,205	03/01/2021 a 27/03/2021	0,016
10/01/2021 a 03/04/2021	85,525	10/01/2021 a 03/04/2021	0,017
17/01/2021 a 10/04/2021	103,809	17/01/2021 a 10/04/2021	0,018
24/01/2021 a 17/04/2021	144,952	24/01/2021 a 17/04/2021	0,023
31/01/2021 a 24/04/2021	171,542	31/01/2021 a 24/04/2021	0,025
07/02/2021 a 01/05/2021	181,779	07/02/2021 a 01/05/2021	0,026
14/02/2021 a 08/05/2021	186,103	14/02/2021 a 08/05/2021	0,026
21/02/2021 a 15/05/2021	196,147	21/02/2021 a 15/05/2021	0,026
28/02/2021 a 22/05/2021	205,642	28/02/2021 a 22/05/2021	0,027
07/03/2021 a 29/05/2021	198,763	07/03/2021 a 29/05/2021	0,029
14/03/2021 a 05/06/2021	204,776	14/03/2021 a 05/06/2021	0,031
21/03/2021 a 12/06/2021	232,732	21/03/2021 a 12/06/2021	0,033
28/03/2021 a 19/06/2021	250,322	28/03/2021 a 19/06/2021	0,032
04/04/2021 a 26/06/2021	248,037	04/04/2021 a 26/06/2021	0,032
11/04/2021 a 03/07/2021	263,075	11/04/2021 a 03/07/2021	0,033
18/04/2021 a 10/07/2021	276,041	18/04/2021 a 10/07/2021	0,034
25/04/2021 a 17/07/2021	295,030	25/04/2021 a 17/07/2021	0,037
02/05/2021 a 24/07/2021	297,824	02/05/2021 a 24/07/2021	0,039
09/05/2021 a 31/07/2021	309,316	09/05/2021 a 31/07/2021	0,040
16/05/2021 a 07/08/2021	312,074	16/05/2021 a 07/08/2021	0,040
23/05/2021 a 14/08/2021	334,530	23/05/2021 a 14/08/2021	0,041
30/05/2021 a 21/08/2021	372,835	30/05/2021 a 21/08/2021	0,043
06/06/2021 a 28/08/2021	422,482	06/06/2021 a 28/08/2021	0,044
13/06/2021 a 04/09/2021	488,446	13/06/2021 a 04/09/2021	0,046
20/06/2021 a 11/09/2021	538,735	20/06/2021 a 11/09/2021	0,047
27/06/2021 a 18/09/2021	585,313	27/06/2021 a 18/09/2021	0,049
04/07/2021 a 25/09/2021	625,527	04/07/2021 a 25/09/2021	0,049
11/07/2021 a 02/10/2021	646,454	11/07/2021 a 02/10/2021	0,049
18/07/2021 a 09/10/2021	673,436	18/07/2021 a 09/10/2021	0,049
25/07/2021 a 16/10/2021	736,136	25/07/2021 a 16/10/2021	0,051
01/08/2021 a 23/10/2021	794,909	01/08/2021 a 23/10/2021	0,053

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

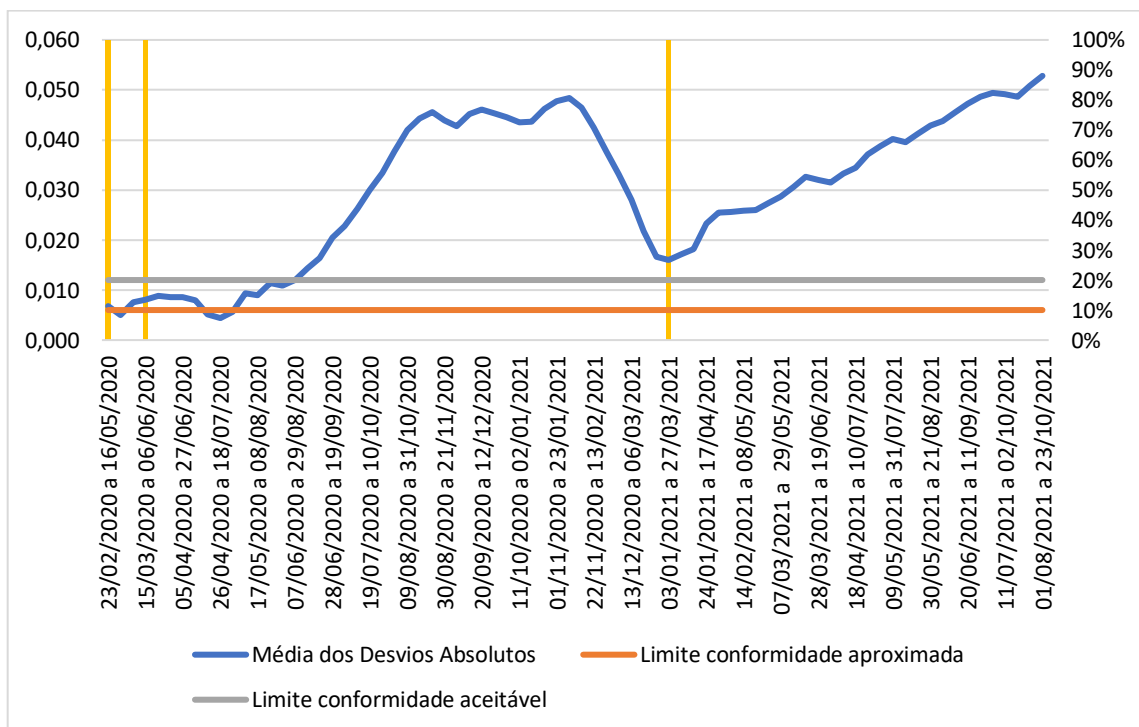
No tangente ao número de óbitos, três picos são visualizados no gráfico de evolução do Qui-Quadrado com seus máximos em agosto, setembro, outubro e novembro de 2020, para o primeiro pico, novembro, dezembro de 2020, também janeiro de 2021, para o segundo e, por fim, agosto a outubro de 2021 para o último e maior pico. O comportamento do gráfico de evolução da Média dos Desvios Absolutos é semelhante.

Gráfico 10 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos para teste do primeiro dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

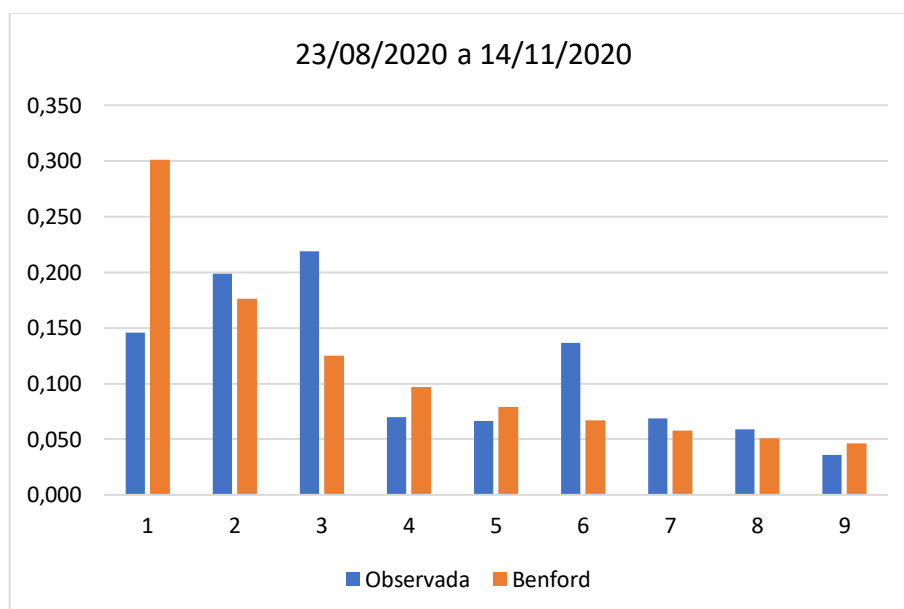
Gráfico 11 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de óbitos para teste do primeiro dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Inspecionando esses resultados, encontra-se que, para o pico do Qui-Quadrado em 2020 para número de óbitos no teste do primeiro dígito, a quantidade de aparições dos dígitos 1 (o mais expressivo), 4, 5 e 9 é inferior ao previsto na Lei de Benford, que o dígito 8, pelo resultado da estatística Z a 5% de significância, está mais próximo da frequência esperada e que os dígitos 2, 3, 6 e 7 têm registros em excesso no que diz respeito a distribuição de Benford para agosto, setembro, outubro e novembro.

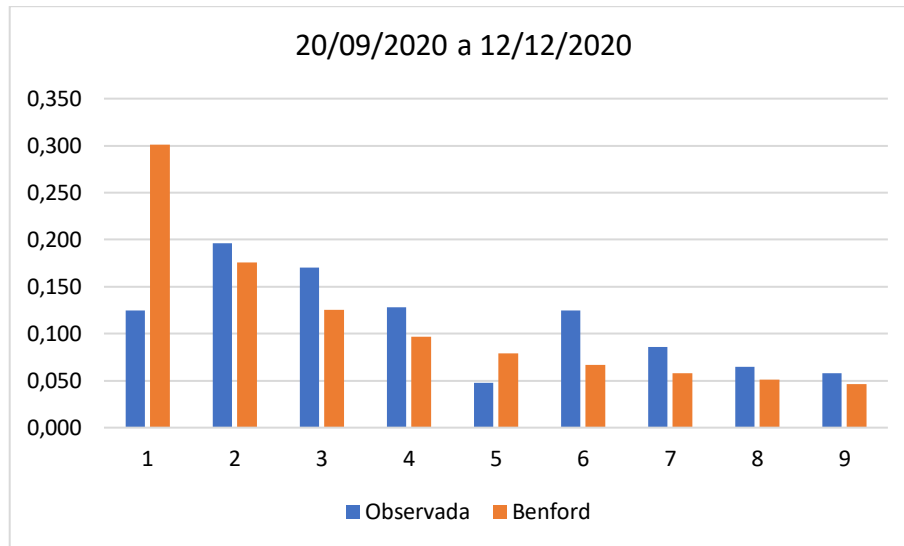
Gráfico 12 Pico do Qui-Quadrado em 2020 para número de óbitos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas em 23/08/2020 a 14/11/2020.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já para o pico da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de óbitos, em 20/09/2020 a 12/12/2020, pela estatística Z, nenhum dígito está em conformidade com a frequência prevista pela lei de Benford. Estão em excesso os dígitos, 2, 3, 4, 6, 7, 8 e 9 e em escassez 1 e 5. O distanciamento da frequência esperada mais expressivo é a do dígito 1.

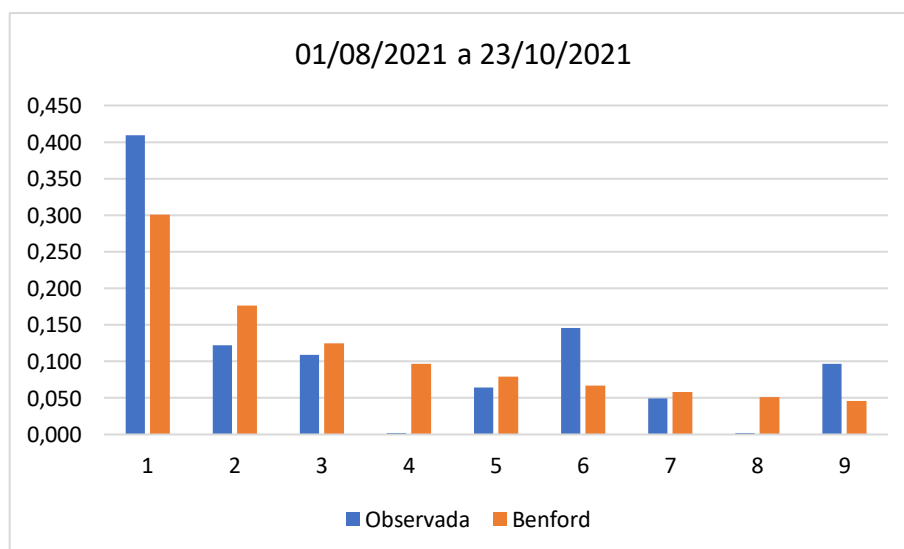
Gráfico 13 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de óbitos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas em 20/09/2020 a 12/12/2020.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Com relação ao pico de 2021, em 01/08/2021 a 23/10/2021, apenas o dígito 7 está em conformidade pela estatística Z. Têm registros além do esperado os dígitos 1, 6 e 9. Os demais estão em escassez, especialmente o dígito 4.

Gráfico 14 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de óbitos no teste do primeiro dígito para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Teste do Segundo Dígito

O teste do segundo dígito compara as frequências encontradas para os dígitos de 0 a 9 na posição de segundo dígito com as frequências calculadas por:

$$Prob(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \log_{10} \left(1 + \frac{1}{d_1 d_2} \right), \quad d_2 \in \{0,1, \dots, 9\}$$

onde D_2 representa o segundo dígito (NIGRINI, 2012).

Em destaque na coluna “Qui-Quadrado”, estão os valores que aceitam a hipótese nula de conformidade com a Lei de Benford, já que são inferiores a 16,919 para 9 graus de liberdade (K-1) e 5% de significância. Ainda, na coluna “MDA”, que representa os valores calculados para a Média dos Desvios Absolutos, em cinza mais claro, estão os registros que equivalem à conformidade aproximada e, em cinza mais escuro, os que equivalem à conformidade aceitável.

Tabela 5 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste do segundo dígito.

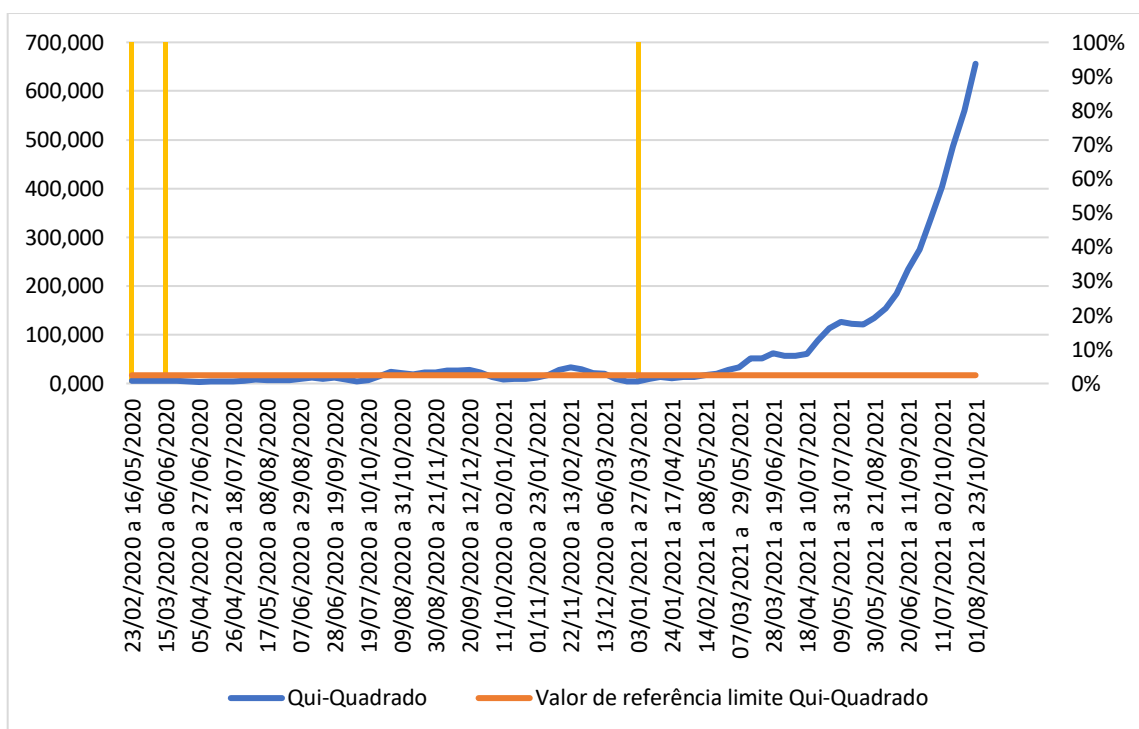
Semanas Epidemiológicas	Qui-Quadrado	Semanas Epidemiológicas	Média dos Desvios Absolutos
23/02/2020 a 16/05/2020	5,975	23/02/2020 a 16/05/2020	0,005
01/03/2020 a 23/05/2020	4,888	01/03/2020 a 23/05/2020	0,004
08/03/2020 a 30/05/2020	4,990	08/03/2020 a 30/05/2020	0,004
15/03/2020 a 06/06/2020	5,150	15/03/2020 a 06/06/2020	0,004
22/03/2020 a 13/06/2020	5,627	22/03/2020 a 13/06/2020	0,004
29/03/2020 a 20/06/2020	3,861	29/03/2020 a 20/06/2020	0,004
05/04/2020 a 27/06/2020	3,053	05/04/2020 a 27/06/2020	0,003
12/04/2020 a 04/07/2020	4,167	12/04/2020 a 04/07/2020	0,003
19/04/2020 a 11/07/2020	4,662	19/04/2020 a 11/07/2020	0,003
26/04/2020 a 18/07/2020	4,044	26/04/2020 a 18/07/2020	0,003
03/05/2020 a 25/07/2020	5,279	03/05/2020 a 25/07/2020	0,004
10/05/2020 a 01/08/2020	8,498	10/05/2020 a 01/08/2020	0,005
17/05/2020 a 08/08/2020	7,343	17/05/2020 a 08/08/2020	0,004
24/05/2020 a 15/08/2020	6,449	24/05/2020 a 15/08/2020	0,004
31/05/2020 a 22/08/2020	7,168	31/05/2020 a 22/08/2020	0,005
07/06/2020 a 29/08/2020	9,890	07/06/2020 a 29/08/2020	0,006
14/06/2020 a 05/09/2020	11,959	14/06/2020 a 05/09/2020	0,007
21/06/2020 a 12/09/2020	9,922	21/06/2020 a 12/09/2020	0,005
28/06/2020 a 19/09/2020	11,751	28/06/2020 a 19/09/2020	0,006
05/07/2020 a 26/09/2020	8,422	05/07/2020 a 26/09/2020	0,005
12/07/2020 a 03/10/2020	4,331	12/07/2020 a 03/10/2020	0,003
19/07/2020 a 10/10/2020	6,380	19/07/2020 a 10/10/2020	0,005
26/07/2020 a 17/10/2020	15,139	26/07/2020 a 17/10/2020	0,007
02/08/2020 a 24/10/2020	24,029	02/08/2020 a 24/10/2020	0,009
09/08/2020 a 31/10/2020	21,238	09/08/2020 a 31/10/2020	0,007
16/08/2020 a 07/11/2020	18,046	16/08/2020 a 07/11/2020	0,008
23/08/2020 a 14/11/2020	22,343	23/08/2020 a 14/11/2020	0,009
30/08/2020 a 21/11/2020	23,038	30/08/2020 a 21/11/2020	0,008
06/09/2020 a 28/11/2020	26,595	06/09/2020 a 28/11/2020	0,008
13/09/2020 a 05/12/2020	26,216	13/09/2020 a 05/12/2020	0,008
20/09/2020 a 12/12/2020	27,688	20/09/2020 a 12/12/2020	0,008
27/09/2020 a 19/12/2020	22,985	27/09/2020 a 19/12/2020	0,008
04/10/2020 a 26/12/2020	13,396	04/10/2020 a 26/12/2020	0,006

11/10/2020 a 02/01/2021	8,797	11/10/2020 a 02/01/2021	0,005
18/10/2020 a 09/01/2021	9,584	18/10/2020 a 09/01/2021	0,006
25/10/2020 a 16/01/2021	10,048	25/10/2020 a 16/01/2021	0,005
01/11/2020 a 23/01/2021	12,574	01/11/2020 a 23/01/2021	0,006
08/11/2020 a 30/01/2021	16,926	08/11/2020 a 30/01/2021	0,007
15/11/2020 a 06/02/2021	28,011	15/11/2020 a 06/02/2021	0,008
22/11/2020 a 13/02/2021	33,354	22/11/2020 a 13/02/2021	0,010
29/11/2020 a 20/02/2021	29,380	29/11/2020 a 20/02/2021	0,009
06/12/2020 a 27/02/2021	20,949	06/12/2020 a 27/02/2021	0,008
13/12/2020 a 06/03/2021	19,967	13/12/2020 a 06/03/2021	0,008
20/12/2020 a 13/03/2021	9,420	20/12/2020 a 13/03/2021	0,004
27/12/2020 a 20/03/2021	4,142	27/12/2020 a 20/03/2021	0,004
03/01/2021 a 27/03/2021	4,363	03/01/2021 a 27/03/2021	0,003
10/01/2021 a 03/04/2021	10,086	10/01/2021 a 03/04/2021	0,005
17/01/2021 a 10/04/2021	13,557	17/01/2021 a 10/04/2021	0,007
24/01/2021 a 17/04/2021	11,370	24/01/2021 a 17/04/2021	0,007
31/01/2021 a 24/04/2021	13,324	31/01/2021 a 24/04/2021	0,007
07/02/2021 a 01/05/2021	13,429	07/02/2021 a 01/05/2021	0,007
14/02/2021 a 08/05/2021	16,794	14/02/2021 a 08/05/2021	0,008
21/02/2021 a 15/05/2021	20,313	21/02/2021 a 15/05/2021	0,009
28/02/2021 a 22/05/2021	27,543	28/02/2021 a 22/05/2021	0,009
07/03/2021 a 29/05/2021	32,871	07/03/2021 a 29/05/2021	0,011
14/03/2021 a 05/06/2021	51,151	14/03/2021 a 05/06/2021	0,014
21/03/2021 a 12/06/2021	51,890	21/03/2021 a 12/06/2021	0,014
28/03/2021 a 19/06/2021	61,842	28/03/2021 a 19/06/2021	0,013
04/04/2021 a 26/06/2021	57,137	04/04/2021 a 26/06/2021	0,013
11/04/2021 a 03/07/2021	56,191	11/04/2021 a 03/07/2021	0,014
18/04/2021 a 10/07/2021	61,219	18/04/2021 a 10/07/2021	0,014
25/04/2021 a 17/07/2021	88,890	25/04/2021 a 17/07/2021	0,017
02/05/2021 a 24/07/2021	113,514	02/05/2021 a 24/07/2021	0,019
09/05/2021 a 31/07/2021	126,526	09/05/2021 a 31/07/2021	0,020
16/05/2021 a 07/08/2021	122,592	16/05/2021 a 07/08/2021	0,019
23/05/2021 a 14/08/2021	121,406	23/05/2021 a 14/08/2021	0,019
30/05/2021 a 21/08/2021	133,927	30/05/2021 a 21/08/2021	0,020
06/06/2021 a 28/08/2021	153,810	06/06/2021 a 28/08/2021	0,022
13/06/2021 a 04/09/2021	184,130	13/06/2021 a 04/09/2021	0,023
20/06/2021 a 11/09/2021	234,474	20/06/2021 a 11/09/2021	0,025
27/06/2021 a 18/09/2021	274,511	27/06/2021 a 18/09/2021	0,028
04/07/2021 a 25/09/2021	336,770	04/07/2021 a 25/09/2021	0,032
11/07/2021 a 02/10/2021	403,970	11/07/2021 a 02/10/2021	0,035
18/07/2021 a 09/10/2021	486,331	18/07/2021 a 09/10/2021	0,038
25/07/2021 a 16/10/2021	560,256	25/07/2021 a 16/10/2021	0,039
01/08/2021 a 23/10/2021	656,052	01/08/2021 a 23/10/2021	0,040

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

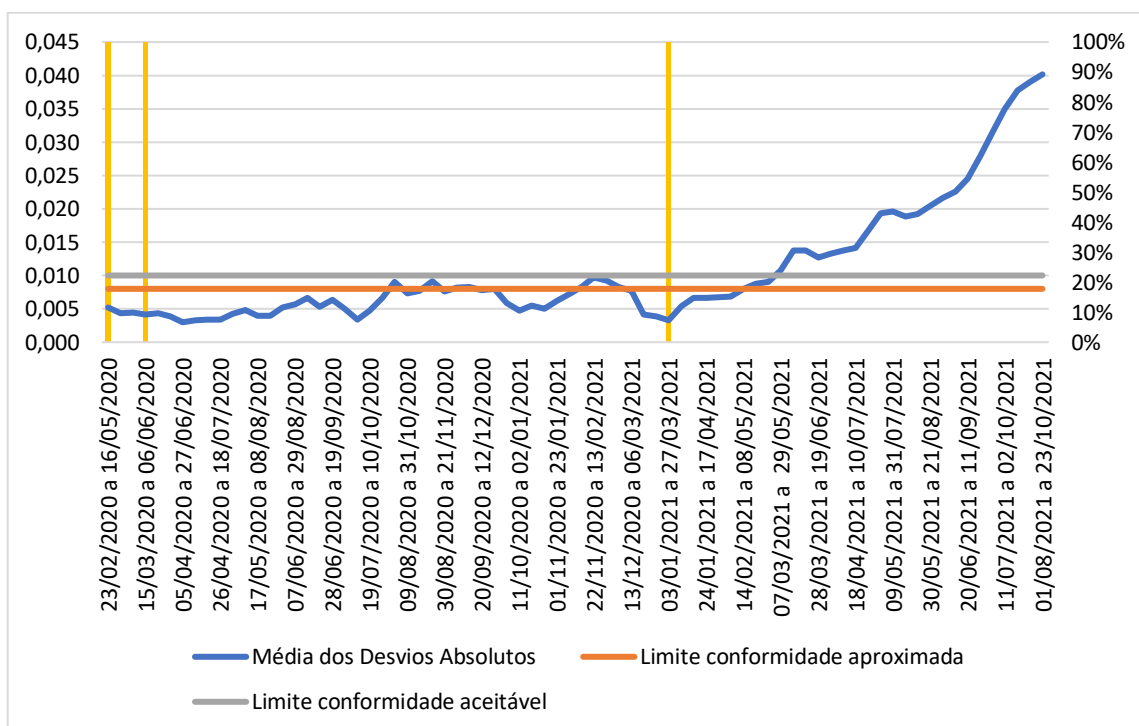
Os períodos que mais diferem da distribuição de Benford para número de casos, de acordo com o cálculo do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos, estão em 2021.

Gráfico 15 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos para teste do segundo dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

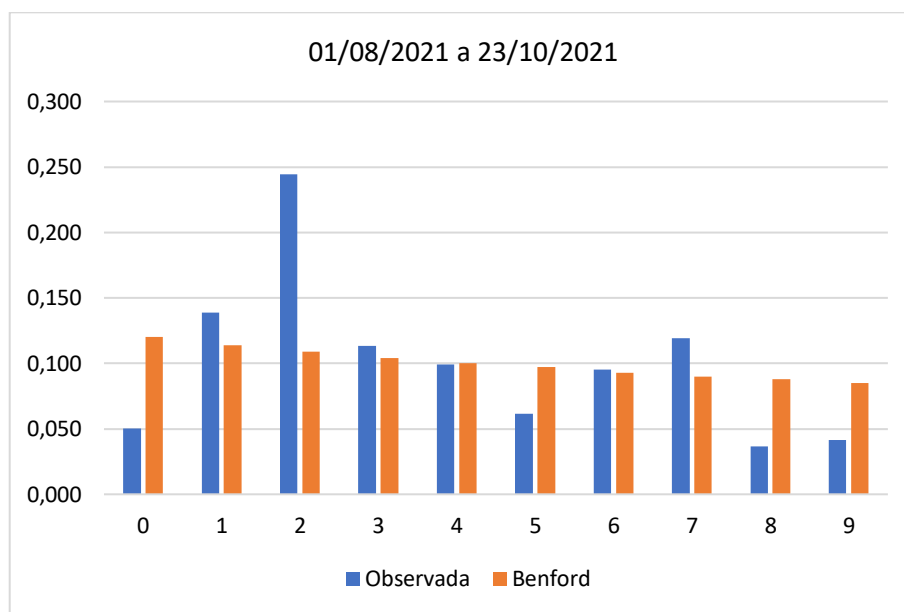
Gráfico 16 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de casos para teste do segundo dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Para número de casos, chama a atenção o período de 01/08/2021 a 23/10/2021, no qual, 3, 4 e 6 estão em conformidade com a frequência prevista pela Lei de Benford. 0, 5, 8 e 9 estão em menor quantidade do que a esperada e 1, 2 (mais expressivo pela estatística Z) e 7 estão em excesso.

Gráfico 17 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de casos no teste do segundo dígito para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Quanto ao número de óbitos, a mesma regra de destaque foi estabelecida para o realce das células nas colunas “Qui-Quadrado” e “MDA”.

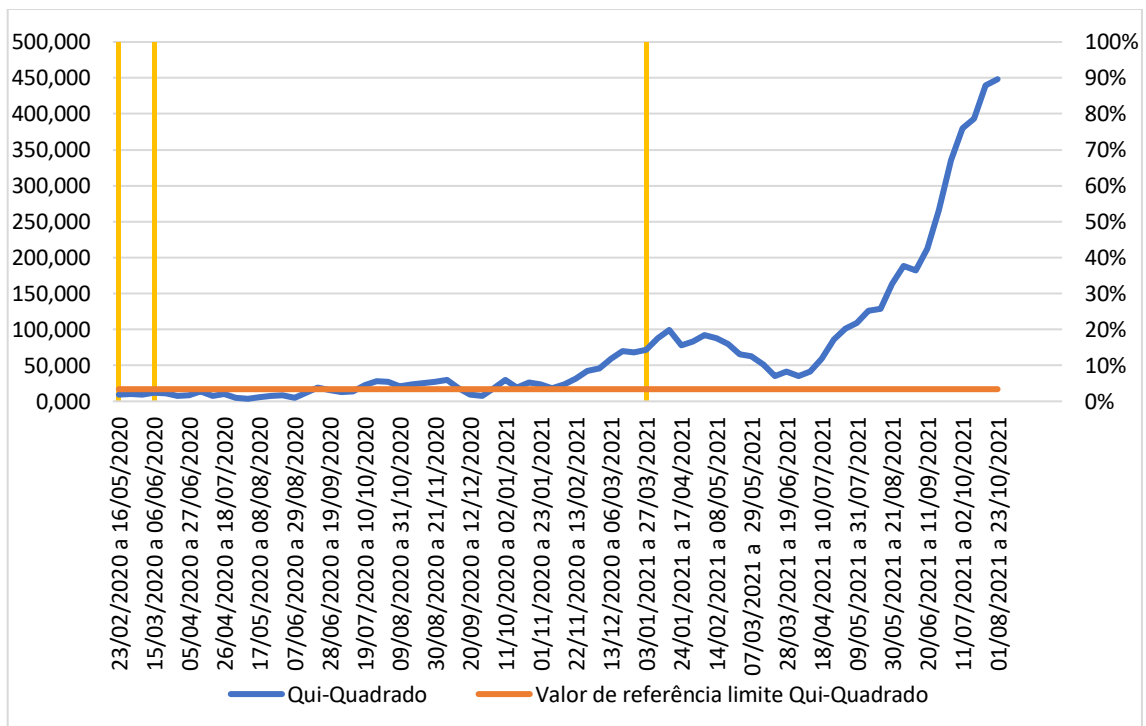
Tabela 6 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de óbitos para teste do segundo dígito.

Semanas Epidemiológicas	Qui-Quadrado	Semanas Epidemiológicas	Média dos Desvios Absolutos
23/02/2020 a 16/05/2020	8,905	23/02/2020 a 16/05/2020	0,008
01/03/2020 a 23/05/2020	10,209	01/03/2020 a 23/05/2020	0,009
08/03/2020 a 30/05/2020	9,166	08/03/2020 a 30/05/2020	0,008
15/03/2020 a 06/06/2020	12,267	15/03/2020 a 06/06/2020	0,008
22/03/2020 a 13/06/2020	11,124	22/03/2020 a 13/06/2020	0,007
29/03/2020 a 20/06/2020	7,580	29/03/2020 a 20/06/2020	0,005
05/04/2020 a 27/06/2020	8,121	05/04/2020 a 27/06/2020	0,005
12/04/2020 a 04/07/2020	14,014	12/04/2020 a 04/07/2020	0,007
19/04/2020 a 11/07/2020	7,335	19/04/2020 a 11/07/2020	0,005
26/04/2020 a 18/07/2020	10,408	26/04/2020 a 18/07/2020	0,006
03/05/2020 a 25/07/2020	5,279	03/05/2020 a 25/07/2020	0,004
10/05/2020 a 01/08/2020	3,546	10/05/2020 a 01/08/2020	0,003
17/05/2020 a 08/08/2020	5,945	17/05/2020 a 08/08/2020	0,004
24/05/2020 a 15/08/2020	7,732	24/05/2020 a 15/08/2020	0,005
31/05/2020 a 22/08/2020	8,646	31/05/2020 a 22/08/2020	0,005
07/06/2020 a 29/08/2020	5,107	07/06/2020 a 29/08/2020	0,004
14/06/2020 a 05/09/2020	11,959	14/06/2020 a 05/09/2020	0,007
21/06/2020 a 12/09/2020	19,304	21/06/2020 a 12/09/2020	0,008
28/06/2020 a 19/09/2020	15,596	28/06/2020 a 19/09/2020	0,007
05/07/2020 a 26/09/2020	13,080	05/07/2020 a 26/09/2020	0,006
12/07/2020 a 03/10/2020	14,045	12/07/2020 a 03/10/2020	0,007
19/07/2020 a 10/10/2020	22,649	19/07/2020 a 10/10/2020	0,009
26/07/2020 a 17/10/2020	27,641	26/07/2020 a 17/10/2020	0,010
02/08/2020 a 24/10/2020	27,096	02/08/2020 a 24/10/2020	0,009
09/08/2020 a 31/10/2020	20,936	09/08/2020 a 31/10/2020	0,008
16/08/2020 a 07/11/2020	23,421	16/08/2020 a 07/11/2020	0,008
23/08/2020 a 14/11/2020	25,401	23/08/2020 a 14/11/2020	0,009
30/08/2020 a 21/11/2020	26,809	30/08/2020 a 21/11/2020	0,009
06/09/2020 a 28/11/2020	29,485	06/09/2020 a 28/11/2020	0,009
13/09/2020 a 05/12/2020	18,578	13/09/2020 a 05/12/2020	0,007
20/09/2020 a 12/12/2020	9,301	20/09/2020 a 12/12/2020	0,005
27/09/2020 a 19/12/2020	7,352	27/09/2020 a 19/12/2020	0,005
04/10/2020 a 26/12/2020	17,844	04/10/2020 a 26/12/2020	0,007
11/10/2020 a 02/01/2021	29,550	11/10/2020 a 02/01/2021	0,010
18/10/2020 a 09/01/2021	19,260	18/10/2020 a 09/01/2021	0,008
25/10/2020 a 16/01/2021	26,151	25/10/2020 a 16/01/2021	0,009
01/11/2020 a 23/01/2021	23,357	01/11/2020 a 23/01/2021	0,009
08/11/2020 a 30/01/2021	18,175	08/11/2020 a 30/01/2021	0,007
15/11/2020 a 06/02/2021	23,696	15/11/2020 a 06/02/2021	0,007
22/11/2020 a 13/02/2021	31,943	22/11/2020 a 13/02/2021	0,009
29/11/2020 a 20/02/2021	42,421	29/11/2020 a 20/02/2021	0,010
06/12/2020 a 27/02/2021	45,676	06/12/2020 a 27/02/2021	0,010
13/12/2020 a 06/03/2021	59,168	13/12/2020 a 06/03/2021	0,012
20/12/2020 a 13/03/2021	69,540	20/12/2020 a 13/03/2021	0,015
27/12/2020 a 20/03/2021	68,015	27/12/2020 a 20/03/2021	0,014
03/01/2021 a 27/03/2021	71,977	03/01/2021 a 27/03/2021	0,014
10/01/2021 a 03/04/2021	87,540	10/01/2021 a 03/04/2021	0,016
17/01/2021 a 10/04/2021	99,356	17/01/2021 a 10/04/2021	0,018
24/01/2021 a 17/04/2021	78,355	24/01/2021 a 17/04/2021	0,017
31/01/2021 a 24/04/2021	83,057	31/01/2021 a 24/04/2021	0,017
07/02/2021 a 01/05/2021	92,303	07/02/2021 a 01/05/2021	0,017
14/02/2021 a 08/05/2021	87,427	14/02/2021 a 08/05/2021	0,017
21/02/2021 a 15/05/2021	80,160	21/02/2021 a 15/05/2021	0,018
28/02/2021 a 22/05/2021	65,418	28/02/2021 a 22/05/2021	0,016
07/03/2021 a 29/05/2021	62,586	07/03/2021 a 29/05/2021	0,016
14/03/2021 a 05/06/2021	51,661	14/03/2021 a 05/06/2021	0,014
21/03/2021 a 12/06/2021	34,943	21/03/2021 a 12/06/2021	0,011
28/03/2021 a 19/06/2021	41,773	28/03/2021 a 19/06/2021	0,011
04/04/2021 a 26/06/2021	35,131	04/04/2021 a 26/06/2021	0,010
11/04/2021 a 03/07/2021	41,397	11/04/2021 a 03/07/2021	0,011
18/04/2021 a 10/07/2021	59,493	18/04/2021 a 10/07/2021	0,013
25/04/2021 a 17/07/2021	86,301	25/04/2021 a 17/07/2021	0,016
02/05/2021 a 24/07/2021	101,085	02/05/2021 a 24/07/2021	0,018
09/05/2021 a 31/07/2021	108,854	09/05/2021 a 31/07/2021	0,018
16/05/2021 a 07/08/2021	126,434	16/05/2021 a 07/08/2021	0,020
23/05/2021 a 14/08/2021	128,858	23/05/2021 a 14/08/2021	0,019
30/05/2021 a 21/08/2021	163,622	30/05/2021 a 21/08/2021	0,022
06/06/2021 a 28/08/2021	188,122	06/06/2021 a 28/08/2021	0,024
13/06/2021 a 04/09/2021	182,561	13/06/2021 a 04/09/2021	0,024
20/06/2021 a 11/09/2021	212,523	20/06/2021 a 11/09/2021	0,027
27/06/2021 a 18/09/2021	266,132	27/06/2021 a 18/09/2021	0,029
04/07/2021 a 25/09/2021	335,849	04/07/2021 a 25/09/2021	0,032
11/07/2021 a 02/10/2021	379,871	11/07/2021 a 02/10/2021	0,034
18/07/2021 a 09/10/2021	393,613	18/07/2021 a 09/10/2021	0,034
25/07/2021 a 16/10/2021	439,646	25/07/2021 a 16/10/2021	0,033
01/08/2021 a 23/10/2021	448,244	01/08/2021 a 23/10/2021	0,032

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

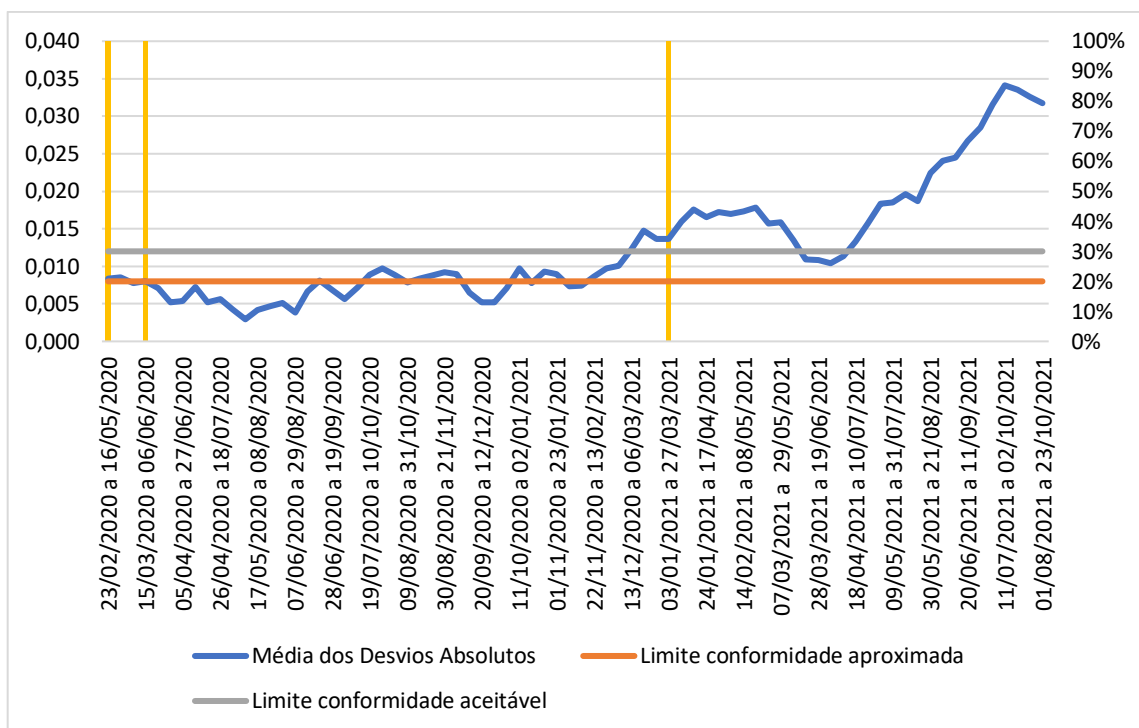
Nessa análise, os meses em que há o maior distanciamento da Lei de Benford, de acordo com o Qui-Quadrado, são majoritariamente de 2021, sendo que os mais distantes da conformidade com a Lei são agosto, setembro e outubro, assim como enunciado nas descobertas do primeiro dígito. Pela interpretação dos resultados da Média dos Desvios Absolutos, adiciona-se a esses meses julho de 2021.

Gráfico 18 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos para teste do segundo dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 19 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de óbitos para teste do segundo dígito.

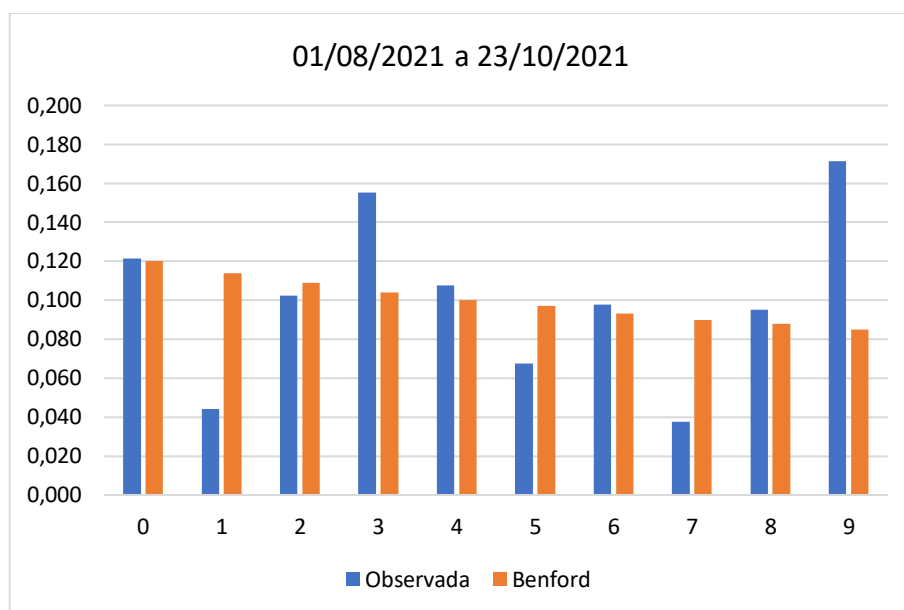


Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os picos dos gráficos anteriores se dão nas semanas representadas nas figuras abaixo. Nos períodos refletidos no primeiro gráfico, há excesso dos dígitos 3 e 9 (o mais expressivo), carência dos dígitos 1, 5 e 7 e conformidade dos demais dígitos (0, 2, 4, 6 e 8) com a Lei de Benford, de acordo com a estatística Z a 5% de significância.

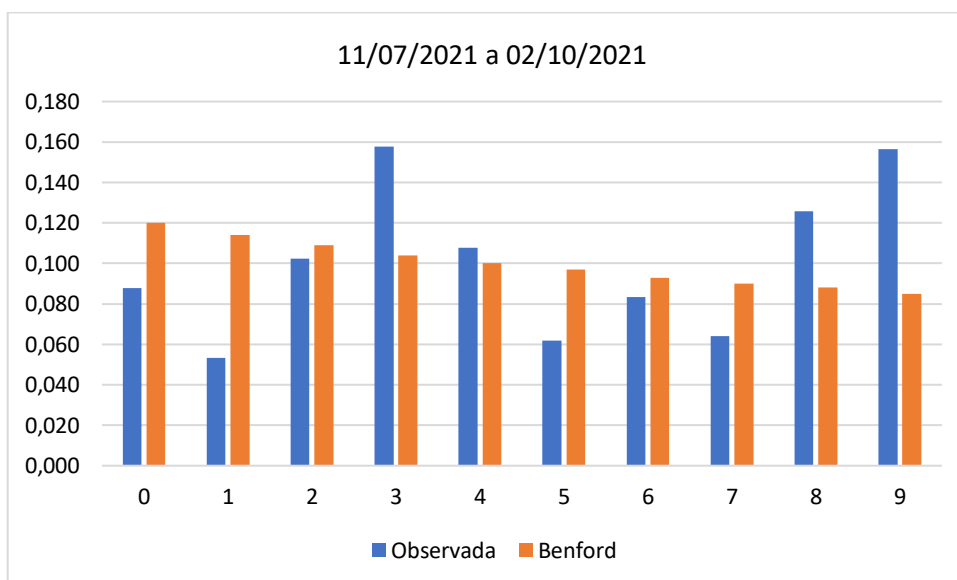
Já nos períodos 11/07/2021 a 02/10/2021, há excesso dos dígitos 3, 8 e 9 e conformidade do 2, do 4 e do 6, de acordo com a estatística Z a 5% de significância. Percebe-se que a aparição do dígito 9 é muito expressiva em ambos os intervalos de tempo.

Gráfico 20 Pico do Qui-Quadrado em 2021 para número de óbitos no teste do segundo dígito para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 21 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de óbitos no teste do segundo dígito para fragmentação em 12 semanas em 11/07/2021 a 02/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Teste dos dois primeiros dígitos

Um teste mais preciso que pode ser executado é o teste dos dois primeiros dígitos que, diferentemente dos anteriores, divide o grupo de dados em 90 repartições (que

vão desde o 10 até o 99) e registra a frequência de aparição da dupla de dígitos na posição estipulada para comparação com a frequência dada de acordo com a Lei de Benford.

Estão dados nas tabelas abaixo os resultados dos cálculos do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos (MDA) para número de casos e de óbitos. Em destaque estão aqueles termos, na primeira coluna, que não superam o valor crítico de 112,022 para 89 graus de liberdade e 5% de significância. É interessante avaliar também que apenas onze amostras possuem conformidade mais que marginal com a Lei de Benford, de acordo com o cálculo da MDA (destacadas em cinza na segunda coluna para número de casos).

Tabela 7 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.

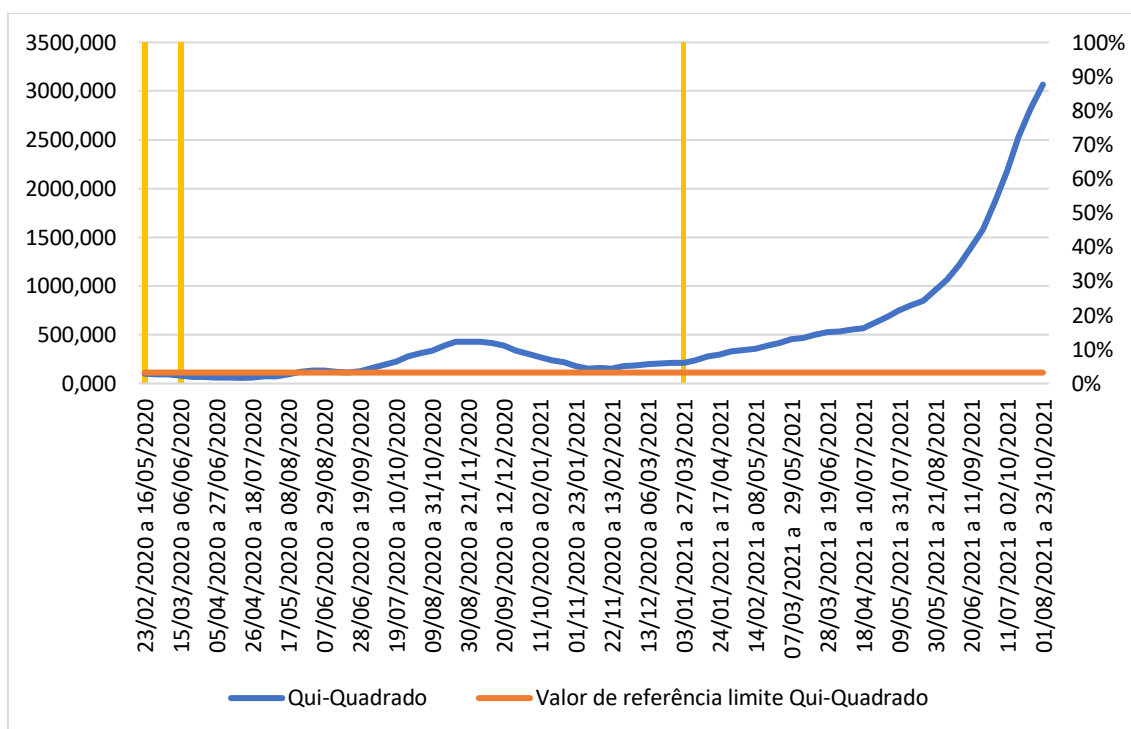
Semanas Epidemiológicas	Qui-Quadrado	Semanas Epidemiológicas	Média dos Desvios Absolutos
23/02/2020 a 16/05/2020	97,216	23/02/2020 a 16/05/2020	0,0022
01/03/2020 a 23/05/2020	90,595	01/03/2020 a 23/05/2020	0,0020
08/03/2020 a 30/05/2020	92,291	08/03/2020 a 30/05/2020	0,0018
15/03/2020 a 06/06/2020	79,046	15/03/2020 a 06/06/2020	0,0016
22/03/2020 a 13/06/2020	63,935	22/03/2020 a 13/06/2020	0,0014
29/03/2020 a 20/06/2020	66,158	29/03/2020 a 20/06/2020	0,0013
05/04/2020 a 27/06/2020	61,167	05/04/2020 a 27/06/2020	0,0013
12/04/2020 a 04/07/2020	61,602	12/04/2020 a 04/07/2020	0,0013
19/04/2020 a 11/07/2020	57,574	19/04/2020 a 11/07/2020	0,0014
26/04/2020 a 18/07/2020	60,592	26/04/2020 a 18/07/2020	0,0014
03/05/2020 a 25/07/2020	71,751	03/05/2020 a 25/07/2020	0,0015
10/05/2020 a 01/08/2020	75,013	10/05/2020 a 01/08/2020	0,0016
17/05/2020 a 08/08/2020	95,163	17/05/2020 a 08/08/2020	0,0017
24/05/2020 a 15/08/2020	121,587	24/05/2020 a 15/08/2020	0,0020
31/05/2020 a 22/08/2020	130,527	31/05/2020 a 22/08/2020	0,0021
07/06/2020 a 29/08/2020	132,414	07/06/2020 a 29/08/2020	0,0021
14/06/2020 a 05/09/2020	119,297	14/06/2020 a 05/09/2020	0,0021
21/06/2020 a 12/09/2020	113,468	21/06/2020 a 12/09/2020	0,0020
28/06/2020 a 19/09/2020	129,338	28/06/2020 a 19/09/2020	0,0022
05/07/2020 a 26/09/2020	158,723	05/07/2020 a 26/09/2020	0,0024
12/07/2020 a 03/10/2020	193,903	12/07/2020 a 03/10/2020	0,0028
19/07/2020 a 10/10/2020	227,231	19/07/2020 a 10/10/2020	0,0030
26/07/2020 a 17/10/2020	276,735	26/07/2020 a 17/10/2020	0,0033
02/08/2020 a 24/10/2020	312,125	02/08/2020 a 24/10/2020	0,0035
09/08/2020 a 31/10/2020	339,442	09/08/2020 a 31/10/2020	0,0037
16/08/2020 a 07/11/2020	389,091	16/08/2020 a 07/11/2020	0,0039
23/08/2020 a 14/11/2020	427,554	23/08/2020 a 14/11/2020	0,0041
30/08/2020 a 21/11/2020	429,865	30/08/2020 a 21/11/2020	0,0041
06/09/2020 a 28/11/2020	427,996	06/09/2020 a 28/11/2020	0,0040
13/09/2020 a 05/12/2020	412,336	13/09/2020 a 05/12/2020	0,0039
20/09/2020 a 12/12/2020	387,646	20/09/2020 a 12/12/2020	0,0037
27/09/2020 a 19/12/2020	336,980	27/09/2020 a 19/12/2020	0,0034
04/10/2020 a 26/12/2020	303,150	04/10/2020 a 26/12/2020	0,0033
11/10/2020 a 02/01/2021	271,262	11/10/2020 a 02/01/2021	0,0031

18/10/2020 a 09/01/2021	236,983	18/10/2020 a 09/01/2021	0,0029
25/10/2020 a 16/01/2021	217,537	25/10/2020 a 16/01/2021	0,0027
01/11/2020 a 23/01/2021	176,987	01/11/2020 a 23/01/2021	0,0025
08/11/2020 a 30/01/2021	155,437	08/11/2020 a 30/01/2021	0,0023
15/11/2020 a 06/02/2021	160,452	15/11/2020 a 06/02/2021	0,0024
22/11/2020 a 13/02/2021	152,595	22/11/2020 a 13/02/2021	0,0022
29/11/2020 a 20/02/2021	181,311	29/11/2020 a 20/02/2021	0,0024
06/12/2020 a 27/02/2021	182,145	06/12/2020 a 27/02/2021	0,0025
13/12/2020 a 06/03/2021	198,046	13/12/2020 a 06/03/2021	0,0026
20/12/2020 a 13/03/2021	204,208	20/12/2020 a 13/03/2021	0,0026
27/12/2020 a 20/03/2021	212,211	27/12/2020 a 20/03/2021	0,0029
03/01/2021 a 27/03/2021	213,067	03/01/2021 a 27/03/2021	0,0029
10/01/2021 a 03/04/2021	240,437	10/01/2021 a 03/04/2021	0,0030
17/01/2021 a 10/04/2021	277,235	17/01/2021 a 10/04/2021	0,0033
24/01/2021 a 17/04/2021	295,651	24/01/2021 a 17/04/2021	0,0033
31/01/2021 a 24/04/2021	327,078	31/01/2021 a 24/04/2021	0,0035
07/02/2021 a 01/05/2021	343,383	07/02/2021 a 01/05/2021	0,0035
14/02/2021 a 08/05/2021	357,824	14/02/2021 a 08/05/2021	0,0034
21/02/2021 a 15/05/2021	389,288	21/02/2021 a 15/05/2021	0,0036
28/02/2021 a 22/05/2021	415,667	28/02/2021 a 22/05/2021	0,0037
07/03/2021 a 29/05/2021	453,301	07/03/2021 a 29/05/2021	0,0040
14/03/2021 a 05/06/2021	469,693	14/03/2021 a 05/06/2021	0,0043
21/03/2021 a 12/06/2021	497,885	21/03/2021 a 12/06/2021	0,0044
28/03/2021 a 19/06/2021	528,970	28/03/2021 a 19/06/2021	0,0045
04/04/2021 a 26/06/2021	531,655	04/04/2021 a 26/06/2021	0,0045
11/04/2021 a 03/07/2021	552,852	11/04/2021 a 03/07/2021	0,0045
18/04/2021 a 10/07/2021	566,624	18/04/2021 a 10/07/2021	0,0045
25/04/2021 a 17/07/2021	624,371	25/04/2021 a 17/07/2021	0,0048
02/05/2021 a 24/07/2021	682,597	02/05/2021 a 24/07/2021	0,0050
09/05/2021 a 31/07/2021	750,690	09/05/2021 a 31/07/2021	0,0052
16/05/2021 a 07/08/2021	802,082	16/05/2021 a 07/08/2021	0,0053
23/05/2021 a 14/08/2021	851,654	23/05/2021 a 14/08/2021	0,0053
30/05/2021 a 21/08/2021	956,359	30/05/2021 a 21/08/2021	0,0057
06/06/2021 a 28/08/2021	1066,684	06/06/2021 a 28/08/2021	0,0060
13/06/2021 a 04/09/2021	1218,812	13/06/2021 a 04/09/2021	0,0064
20/06/2021 a 11/09/2021	1398,978	20/06/2021 a 11/09/2021	0,0067
27/06/2021 a 18/09/2021	1579,144	27/06/2021 a 18/09/2021	0,0072
04/07/2021 a 25/09/2021	1868,024	04/07/2021 a 25/09/2021	0,0078
11/07/2021 a 02/10/2021	2182,446	11/07/2021 a 02/10/2021	0,0083
18/07/2021 a 09/10/2021	2536,938	18/07/2021 a 09/10/2021	0,0088
25/07/2021 a 16/10/2021	2828,465	25/07/2021 a 16/10/2021	0,0093
01/08/2021 a 23/10/2021	3066,580	01/08/2021 a 23/10/2021	0,0098

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

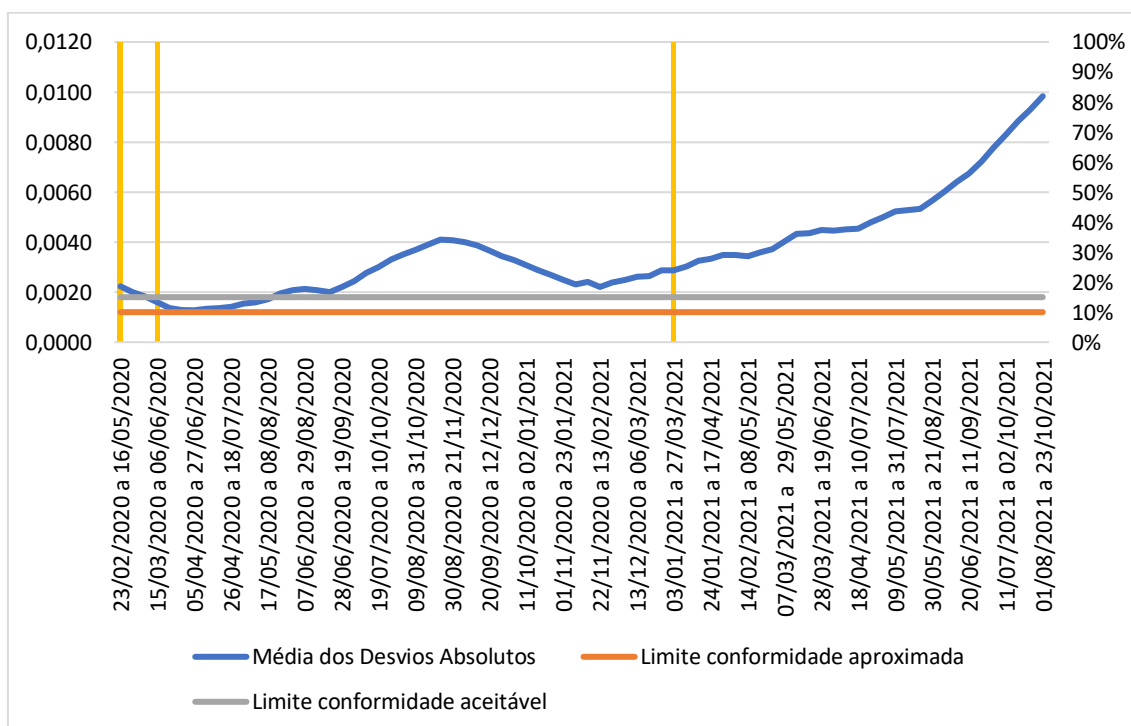
Ao avaliar o resultado do teste Qui-Quadrado e do teste da Média dos Desvios Absolutos para números de casos, percebe-se que os meses em que há maior distanciamento da lei de Benford são agosto, setembro, outubro de 2021 e, e, 2020, agosto a novembro.

Gráfico 22 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

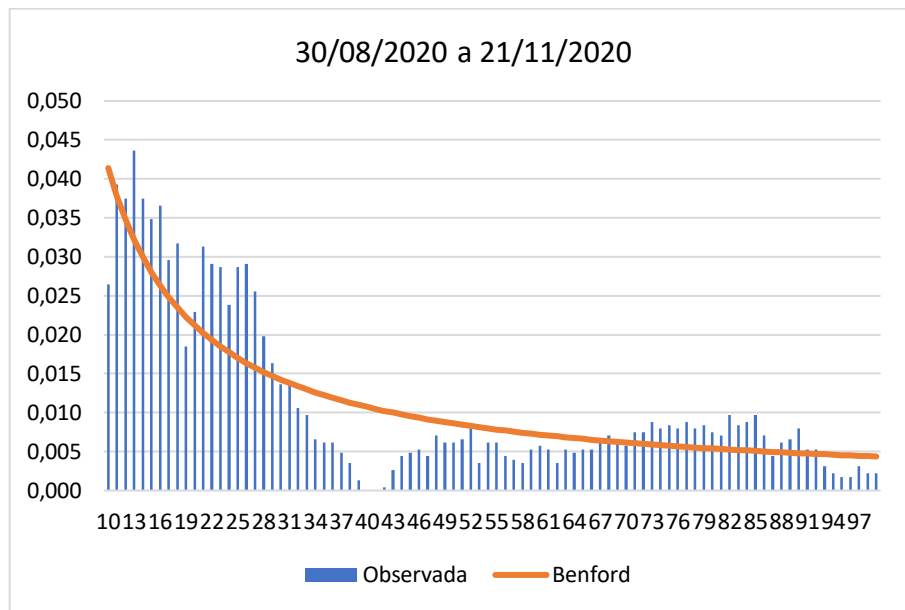
Gráfico 23 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

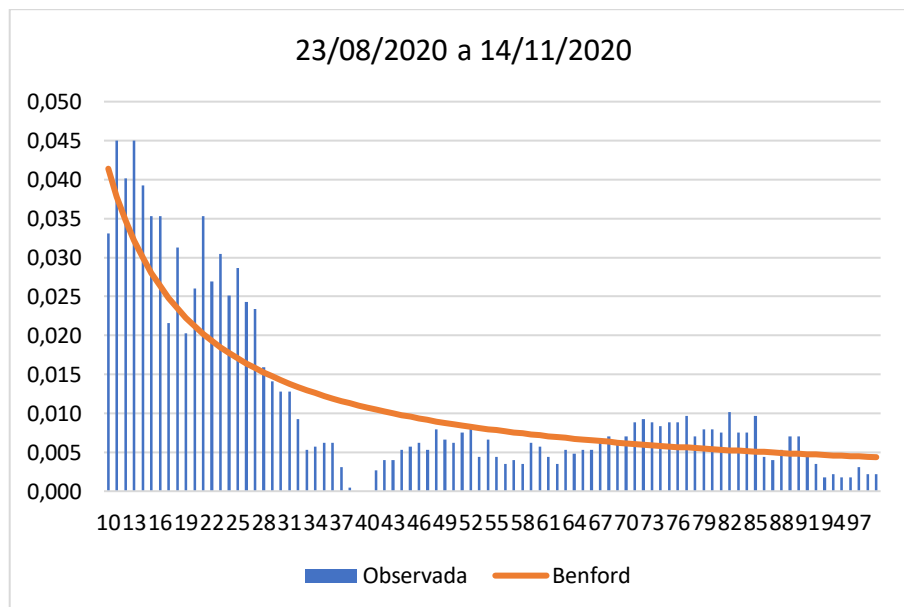
Avaliando o pico dos gráficos anteriores, tem-se outro indicativo da pouca conformidade desses períodos: a estatística Z. Até 4 ou 5 picos (BUGARIN; CUNHA; PORTUGAL, 2016) são aceitáveis e os dois intervalos ultrapassam esse número.

Gráfico 24 Pico do Qui-Quadrado em 2020 para número de casos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 30/08/2020 a 23/11/2020.



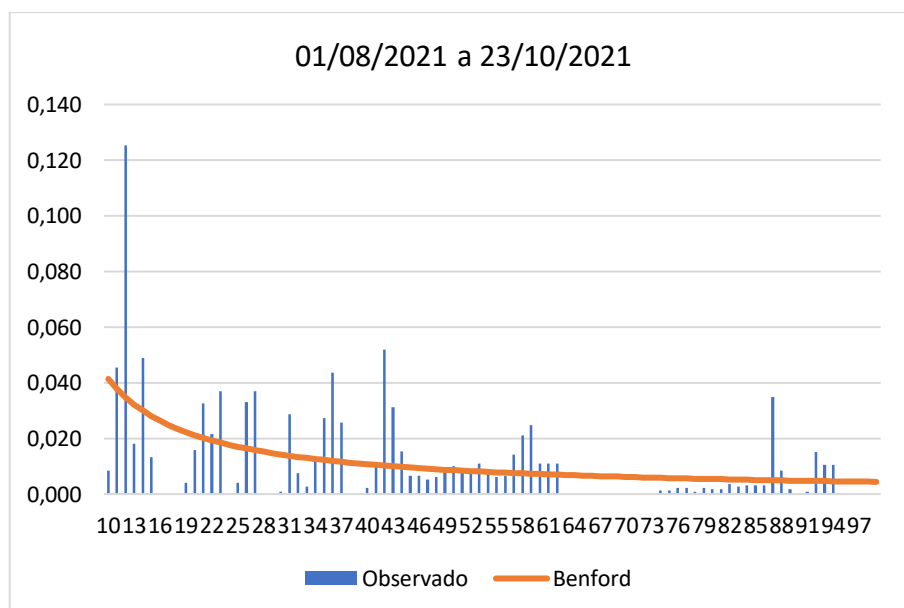
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 25 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de casos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 23/08/2020 a 14/11/2020.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 26 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de casos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já no tocante ao número de óbitos, os resultados dos testes são os seguem:

Tabela 8 Resultados calculados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para número de casos para teste dos dois primeiros dígitos.

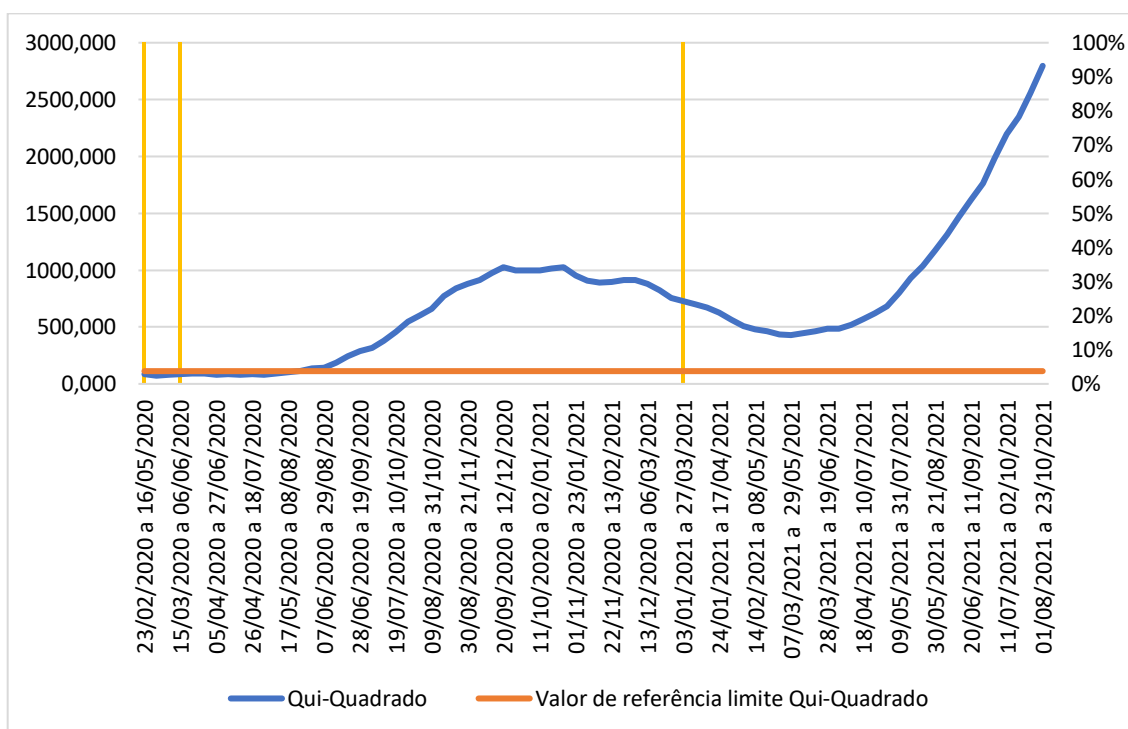
Semanas Epidemiológicas	Qui-Quadrado	Semanas Epidemiológicas	Média dos Desvios Absolutos
23/02/2020 a 16/05/2020	85,120	23/02/2020 a 16/05/2020	0,0026
01/03/2020 a 23/05/2020	71,882	01/03/2020 a 23/05/2020	0,0024
08/03/2020 a 30/05/2020	79,142	08/03/2020 a 30/05/2020	0,0023
15/03/2020 a 06/06/2020	84,306	15/03/2020 a 06/06/2020	0,0022
22/03/2020 a 13/06/2020	89,739	22/03/2020 a 13/06/2020	0,0021
29/03/2020 a 20/06/2020	89,942	29/03/2020 a 20/06/2020	0,0019
05/04/2020 a 27/06/2020	78,587	05/04/2020 a 27/06/2020	0,0017
12/04/2020 a 04/07/2020	83,438	12/04/2020 a 04/07/2020	0,0018
19/04/2020 a 11/07/2020	82,355	19/04/2020 a 11/07/2020	0,0016
26/04/2020 a 18/07/2020	82,780	26/04/2020 a 18/07/2020	0,0016
03/05/2020 a 25/07/2020	80,303	03/05/2020 a 25/07/2020	0,0016
10/05/2020 a 01/08/2020	91,408	10/05/2020 a 01/08/2020	0,0016
17/05/2020 a 08/08/2020	101,393	17/05/2020 a 08/08/2020	0,0019
24/05/2020 a 15/08/2020	113,537	24/05/2020 a 15/08/2020	0,0019
31/05/2020 a 22/08/2020	135,528	31/05/2020 a 22/08/2020	0,0021
07/06/2020 a 29/08/2020	143,126	07/06/2020 a 29/08/2020	0,0021
14/06/2020 a 05/09/2020	185,299	14/06/2020 a 05/09/2020	0,0024
21/06/2020 a 12/09/2020	241,255	21/06/2020 a 12/09/2020	0,0028
28/06/2020 a 19/09/2020	288,077	28/06/2020 a 19/09/2020	0,0031
05/07/2020 a 26/09/2020	315,744	05/07/2020 a 26/09/2020	0,0034
12/07/2020 a 03/10/2020	377,619	12/07/2020 a 03/10/2020	0,0037
19/07/2020 a 10/10/2020	459,024	19/07/2020 a 10/10/2020	0,0040
26/07/2020 a 17/10/2020	548,574	26/07/2020 a 17/10/2020	0,0044
02/08/2020 a 24/10/2020	601,431	02/08/2020 a 24/10/2020	0,0047
09/08/2020 a 31/10/2020	657,327	09/08/2020 a 31/10/2020	0,0049
16/08/2020 a 07/11/2020	770,428	16/08/2020 a 07/11/2020	0,0052
23/08/2020 a 14/11/2020	840,752	23/08/2020 a 14/11/2020	0,0053
30/08/2020 a 21/11/2020	880,912	30/08/2020 a 21/11/2020	0,0054
06/09/2020 a 28/11/2020	910,946	06/09/2020 a 28/11/2020	0,0055
13/09/2020 a 05/12/2020	977,086	13/09/2020 a 05/12/2020	0,0057
20/09/2020 a 12/12/2020	1024,226	20/09/2020 a 12/12/2020	0,0058
27/09/2020 a 19/12/2020	998,151	27/09/2020 a 19/12/2020	0,0057
04/10/2020 a 26/12/2020	995,102	04/10/2020 a 26/12/2020	0,0058
11/10/2020 a 02/01/2021	995,924	11/10/2020 a 02/01/2021	0,0060
18/10/2020 a 09/01/2021	1013,444	18/10/2020 a 09/01/2021	0,0062
25/10/2020 a 16/01/2021	1023,587	25/10/2020 a 16/01/2021	0,0063
01/11/2020 a 23/01/2021	950,320	01/11/2020 a 23/01/2021	0,0062
08/11/2020 a 30/01/2021	905,696	08/11/2020 a 30/01/2021	0,0059
15/11/2020 a 06/02/2021	888,043	15/11/2020 a 06/02/2021	0,0060
22/11/2020 a 13/02/2021	896,015	22/11/2020 a 13/02/2021	0,0061
29/11/2020 a 20/02/2021	912,606	29/11/2020 a 20/02/2021	0,0061
06/12/2020 a 27/02/2021	911,599	06/12/2020 a 27/02/2021	0,0058
13/12/2020 a 06/03/2021	878,165	13/12/2020 a 06/03/2021	0,0057
20/12/2020 a 13/03/2021	822,512	20/12/2020 a 13/03/2021	0,0055
27/12/2020 a 20/03/2021	757,731	27/12/2020 a 20/03/2021	0,0052
03/01/2021 a 27/03/2021	727,881	03/01/2021 a 27/03/2021	0,0050
10/01/2021 a 03/04/2021	699,459	10/01/2021 a 03/04/2021	0,0047
17/01/2021 a 10/04/2021	671,746	17/01/2021 a 10/04/2021	0,0046
24/01/2021 a 17/04/2021	625,151	24/01/2021 a 17/04/2021	0,0045
31/01/2021 a 24/04/2021	562,216	31/01/2021 a 24/04/2021	0,0044
07/02/2021 a 01/05/2021	507,905	07/02/2021 a 01/05/2021	0,0040
14/02/2021 a 08/05/2021	480,526	14/02/2021 a 08/05/2021	0,0039
21/02/2021 a 15/05/2021	465,273	21/02/2021 a 15/05/2021	0,0039
28/02/2021 a 22/05/2021	434,396	28/02/2021 a 22/05/2021	0,0037
07/03/2021 a 29/05/2021	431,462	07/03/2021 a 29/05/2021	0,0037
14/03/2021 a 05/06/2021	443,760	14/03/2021 a 05/06/2021	0,0037
21/03/2021 a 12/06/2021	460,305	21/03/2021 a 12/06/2021	0,0038
28/03/2021 a 19/06/2021	484,208	28/03/2021 a 19/06/2021	0,0040
04/04/2021 a 26/06/2021	487,848	04/04/2021 a 26/06/2021	0,0040
11/04/2021 a 03/07/2021	521,486	11/04/2021 a 03/07/2021	0,0041
18/04/2021 a 10/07/2021	566,945	18/04/2021 a 10/07/2021	0,0041
25/04/2021 a 17/07/2021	620,866	25/04/2021 a 17/07/2021	0,0043
02/05/2021 a 24/07/2021	682,218	02/05/2021 a 24/07/2021	0,0045
09/05/2021 a 31/07/2021	799,622	09/05/2021 a 31/07/2021	0,0050
16/05/2021 a 07/08/2021	928,942	16/05/2021 a 07/08/2021	0,0054
23/05/2021 a 14/08/2021	1037,427	23/05/2021 a 14/08/2021	0,0057
30/05/2021 a 21/08/2021	1173,524	30/05/2021 a 21/08/2021	0,0061
06/06/2021 a 28/08/2021	1311,463	06/06/2021 a 28/08/2021	0,0065
13/06/2021 a 04/09/2021	1465,226	13/06/2021 a 04/09/2021	0,0069

13/06/2021 a 04/09/2021	1465,226	13/06/2021 a 04/09/2021	0,0069
20/06/2021 a 11/09/2021	1618,456	20/06/2021 a 11/09/2021	0,0073
27/06/2021 a 18/09/2021	1760,710	27/06/2021 a 18/09/2021	0,0076
04/07/2021 a 25/09/2021	1980,425	04/07/2021 a 25/09/2021	0,0080
11/07/2021 a 02/10/2021	2194,905	11/07/2021 a 02/10/2021	0,0084
18/07/2021 a 09/10/2021	2348,908	18/07/2021 a 09/10/2021	0,0088
25/07/2021 a 16/10/2021	2555,988	25/07/2021 a 16/10/2021	0,0092
01/08/2021 a 23/10/2021	2796,589	01/08/2021 a 23/10/2021	0,0096

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

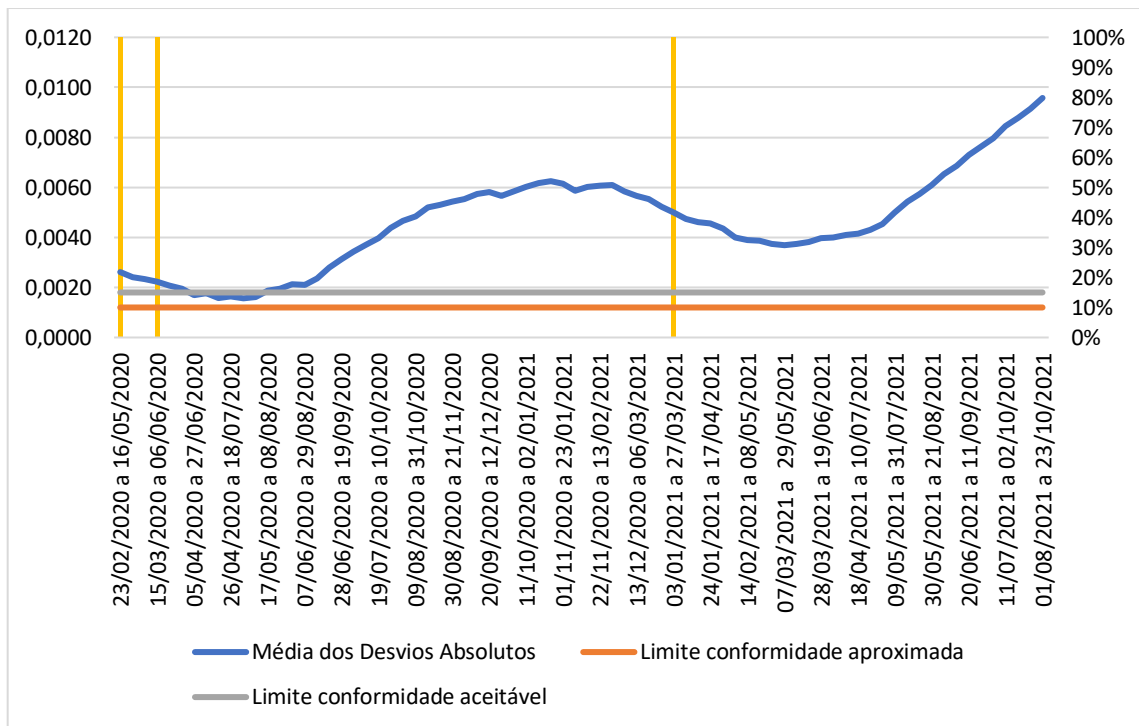
A evolução do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos se dá como visualizado nos gráficos abaixo. Os meses que mais chamam a atenção são setembro a dezembro de 2020 e agosto a outubro de 2021.

Gráfico 27 Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos para teste dos dois primeiros dígitos.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

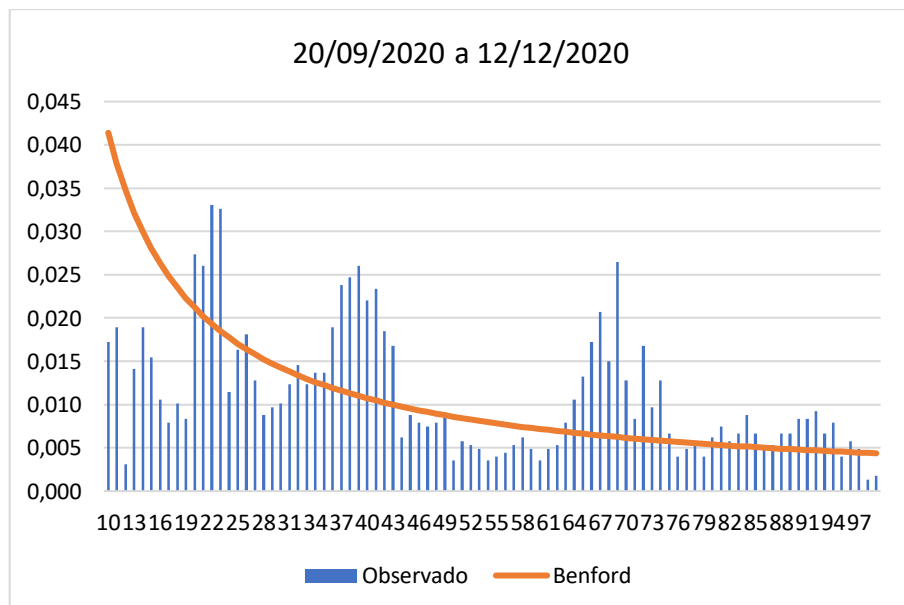
Gráfico 28 Evolução da Média dos Desvios Absolutos calculada para número de óbitos para teste dos dois primeiros dígitos.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

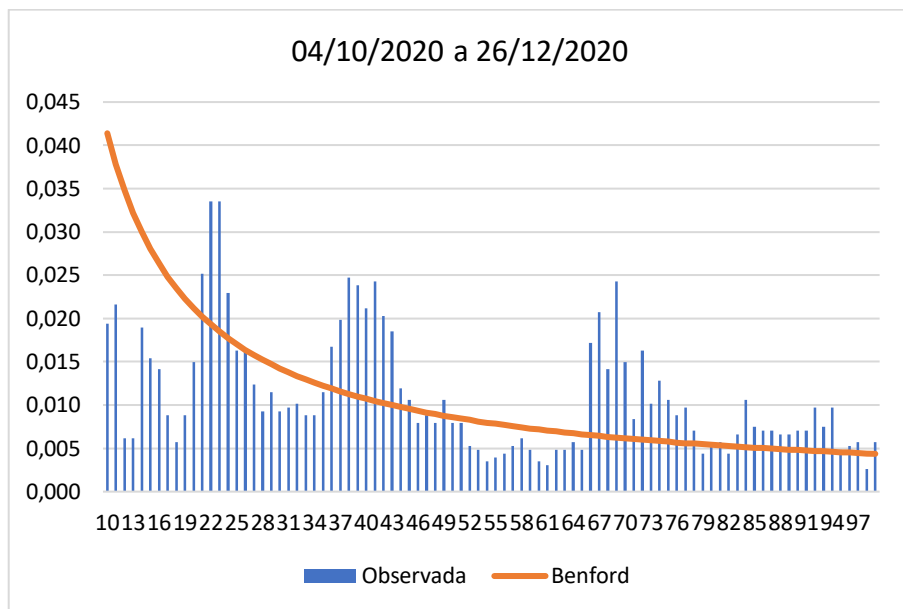
Os gráficos de comparação das frequências observadas e esperadas (pela Lei de Benford) possuem o formato que segue:

Gráfico 29 Pico do Qui-Quadrado em 2020 para número de óbitos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 20/09/2020 a 12/12/2020.



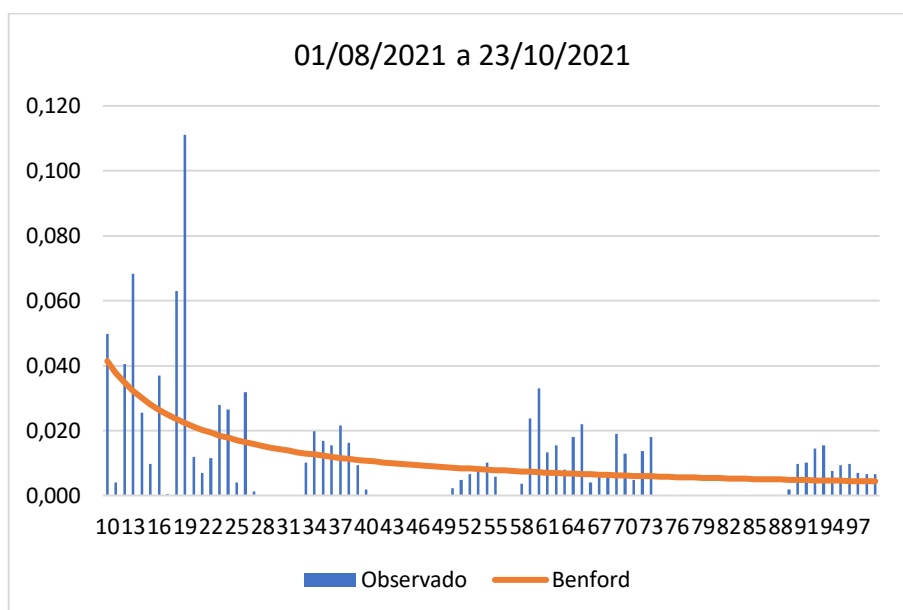
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 30 Pico da Média dos Desvios Absolutos em 2020 para número de óbitos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 04/10/2020 a 26/12/2020.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 31 Pico do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos em 2021 para número de óbitos no teste dos dois primeiros dígitos para fragmentação em 12 semanas em 01/08/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Em 2020, em 20/09/2020 a 12/12/2020, percebe-se picos no 12, e no 69, mas, em conjunto, o número de dígitos para qual a estatística Z ultrapassa o limite de referência é superior a 5, o que fortalece o indicativo de não conformidade. Em 2021, o mesmo diagnóstico de falta de congruência com a Lei de Benford pode ser feito.

Avaliando os últimos meses de 2021 indicados pelo teste dos dois primeiros dígitos, percebe-se pico no 19. Esses meses também possuem mais de 5 picos.

Conclusões do capítulo

Recapitulando os resultados encontrados, o teste do primeiro dígito indica, para o número de casos, a necessidade de observação mais minuciosa dos meses agosto, setembro, outubro e novembro de 2020 e março, abril, maio, junho, julho, agosto e setembro de 2021. O teste do segundo dígito agosto, setembro e outubro de 2021. E o teste dos dois primeiros dígitos, agosto, setembro, outubro, novembro de 2020 e agosto, setembro e outubro de 2021.

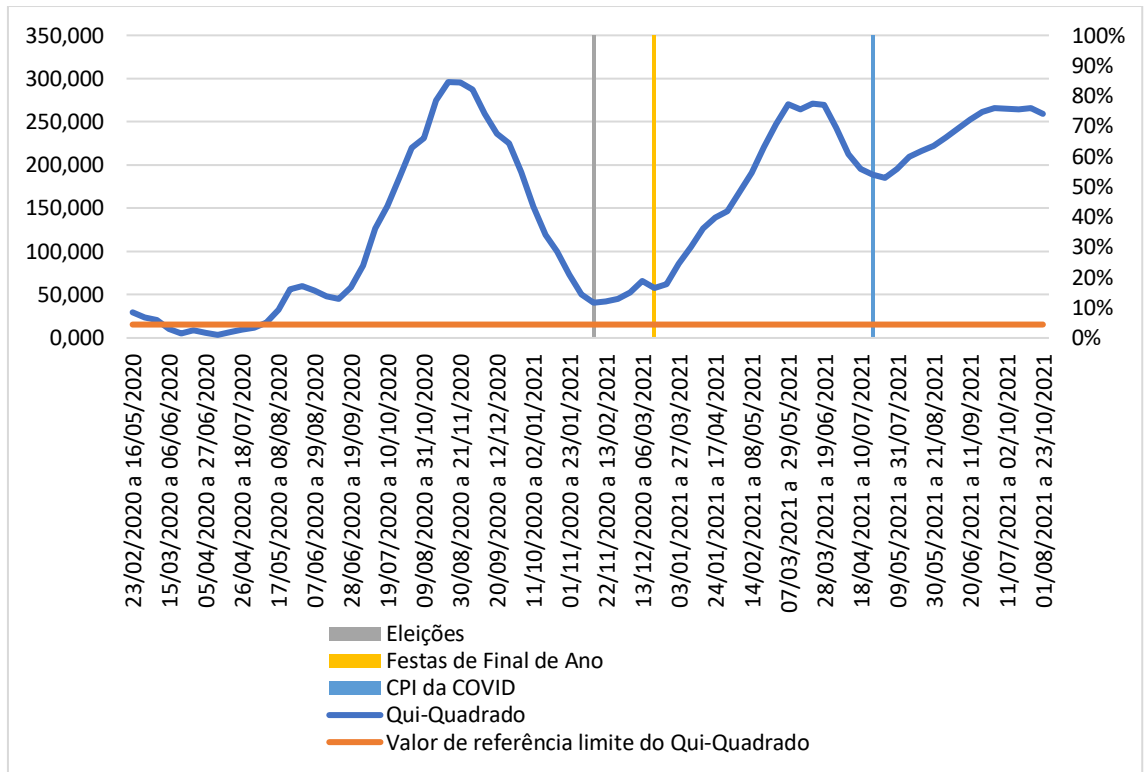
Já para número de óbitos, é interessante a avaliação principalmente dos dados dos meses agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2020 e agosto, setembro e outubro de 2021, pelo teste do primeiro dígito e dos dois primeiros dígitos. O teste do segundo dígito adiciona ao rol de meses julho de 2021.

Fato histórico relevante foi a instalação da Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da COVID-19 no final de abril de 2021, mês com maior número de mortes dentro da amostra analisada.

Os trabalhos da CPI podem ser descritos como seguem:

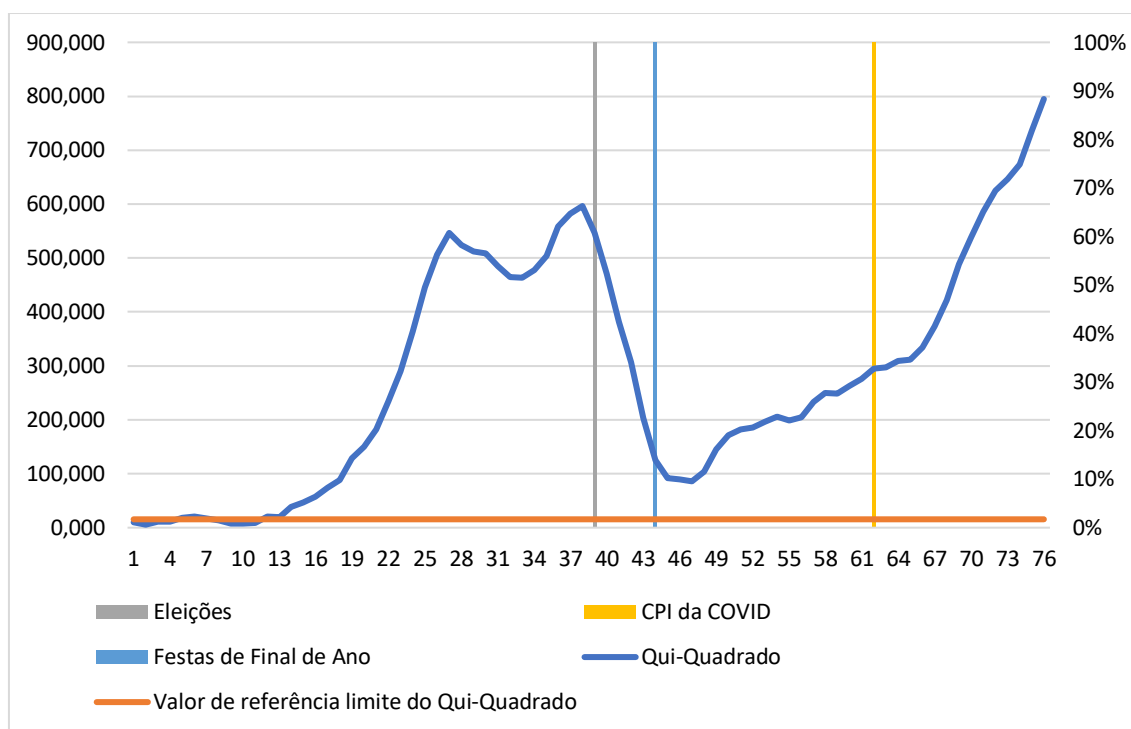
“O Senado instalou a CPI da COVID-19, Comissão Parlamentar de Inquérito para apurar ações e omissões do governo federal e eventuais desvios de verbas federais enviadas aos estados para o enfrentamento da pandemia. A comissão visa ouvir autoridades, ex-ministros, executivos de empresas de saúde e outras pessoas relacionadas à gestão da pandemia.” (SANAR, 2021)

Gráfico 32 Evolução do Qui-Quadrado com marcação de momentos importantes para número de casos para teste do primeiro dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 33 Evolução do Qui-Quadrado com marcação de momentos importantes para número de óbitos para teste do primeiro dígito.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os resultados do teste Qui-Quadrado têm tendência de crescimento não interrompida a partir de abril para número de casos, o que demonstra aumento da desconformidade com a Lei de Benford, o que pode ter sido resultado da pressão exercida pela CPI ou pelo número grande de óbitos registrado em abril de 2021.

Também se ressalta o efeito que as eleições municipais ocorridas em 15 de novembro de 2020 poderiam ter tido sobre os números de Covid-19. Para número de casos, é aparente aumento da desconformidade com a Lei de Benford coincidindo com o período das eleições, contudo, para número de óbitos, a tendência é oposta. No referente ao efeito que as festas de final do ano, Natal e Ano Novo, podem ter causado na conformidade dos dados, dado o alerta de especialistas (GARRET; JUSTO, 2020) que essas festividades poderiam aumentar os números de contágio e de morte, percebe-se que o período coincide com um momento de tendência de aumento da desconformidade.

Entretanto, é mais provável que esse aumento de desconformidade nos períodos finais analisados seja relacionado com o sucesso de políticas públicas, como a

vacinação, e com o aprendizado da população em relação à prevenção da doença. A Lei de Benford seria, portanto, uma ferramenta para averiguação do êxito de intervenções públicas em casos de epidemias, dado que a desconformidade com a Lei parece refletir momentos em que a manipulação na progressão da doença foi eficiente.

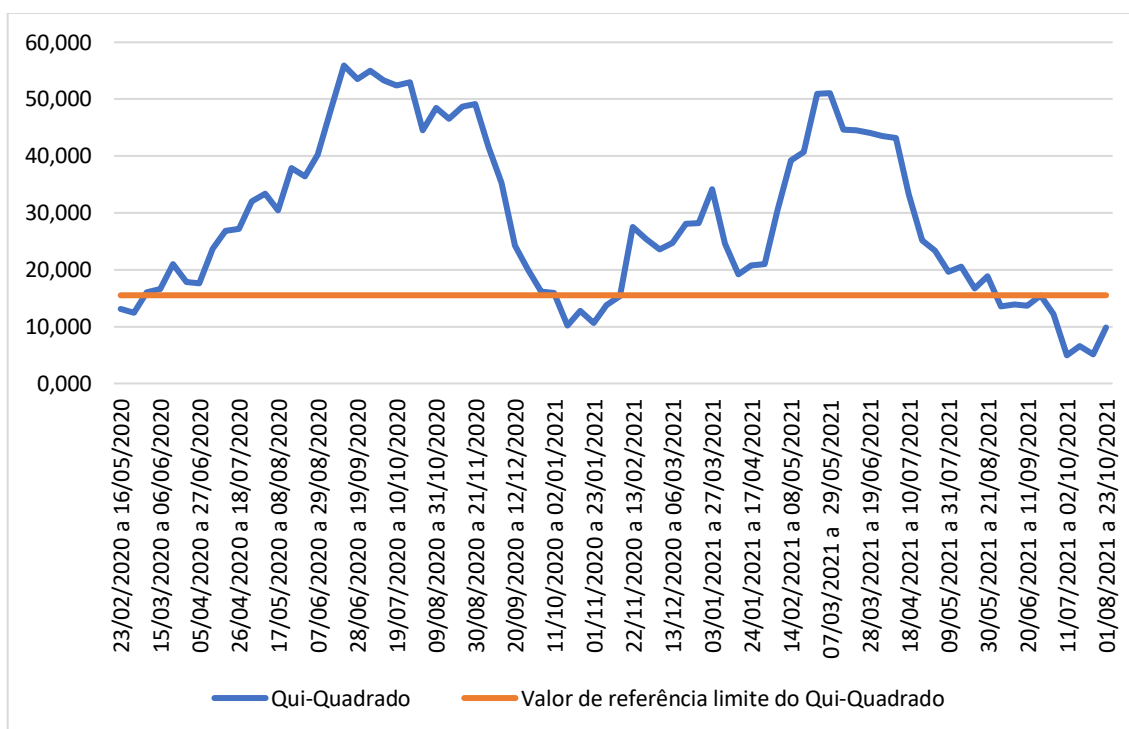
Outras explicações possíveis para a disparidade de conformidade dos meses são apresentadas por Lee, Han, Jeong (2020). Os autores informam sobre a não conformidade dos dados de COVID-19 em regiões e épocas de estabilização, tornando válida assim uma investigação da congruência das maiores discrepâncias com períodos de maior estabilização dos quadros dos países que registram a presença da doença. A essa explicação se somam a possibilidade de manipulação de dados, os efeitos que a vacinação pode ter causado no número de casos e de óbitos a partir de 2021 e a possibilidade de mudança de critérios de testagem no decorrer do tempo selecionado.

CAPÍTULO 4: DADOS DIÁRIOS

Foi empreendida uma análise da conformidade dos números de casos e de óbitos diários, não acumulados, segmentados em 12 semanas epidemiológicas com a Lei de Benford. Os resultados são os que seguem nos gráficos abaixo. Para essa avaliação, os registros negativos de casos e de óbitos foram desconsiderados.

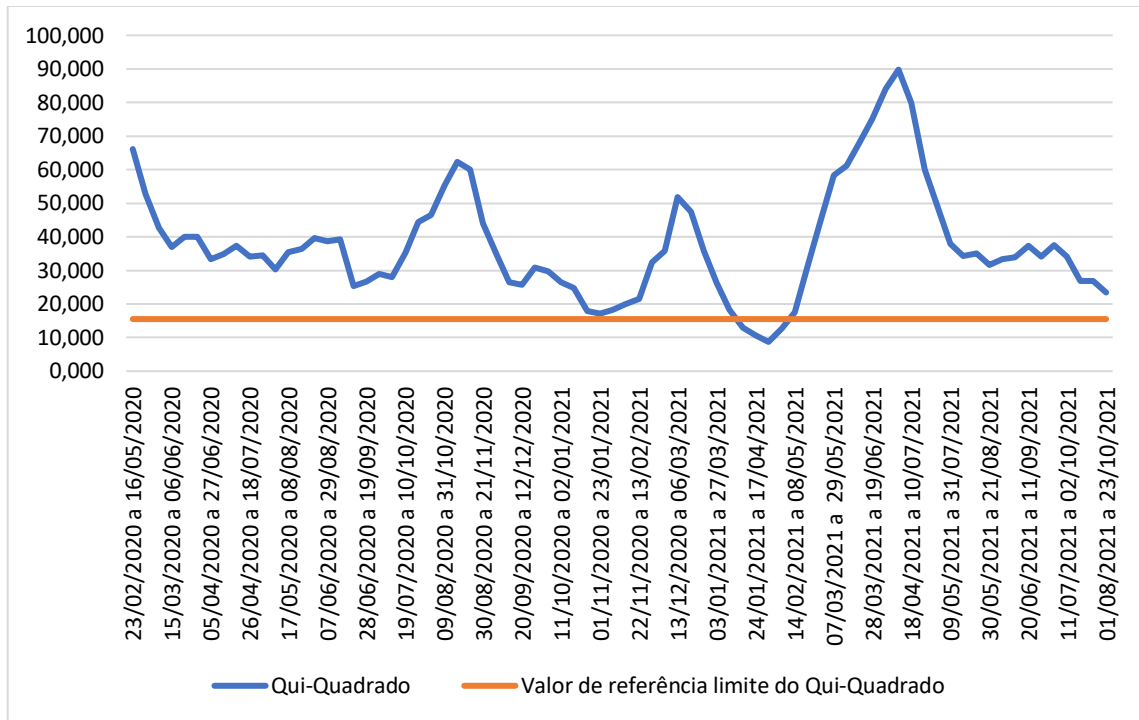
Os meses que são indicados para uma análise mais minuciosa a partir da interpretação do pico desses gráficos são junho, julho e agosto de 2020, março, abril, maio, junho, julho e agosto de 2021 para número de casos.

Já para número de óbitos, agosto a dezembro de 2020 e abril a outubro de 2021. Gráfico 34 Evolução teste Qui-quadrado para teste do primeiro dígito para número de casos – diários.



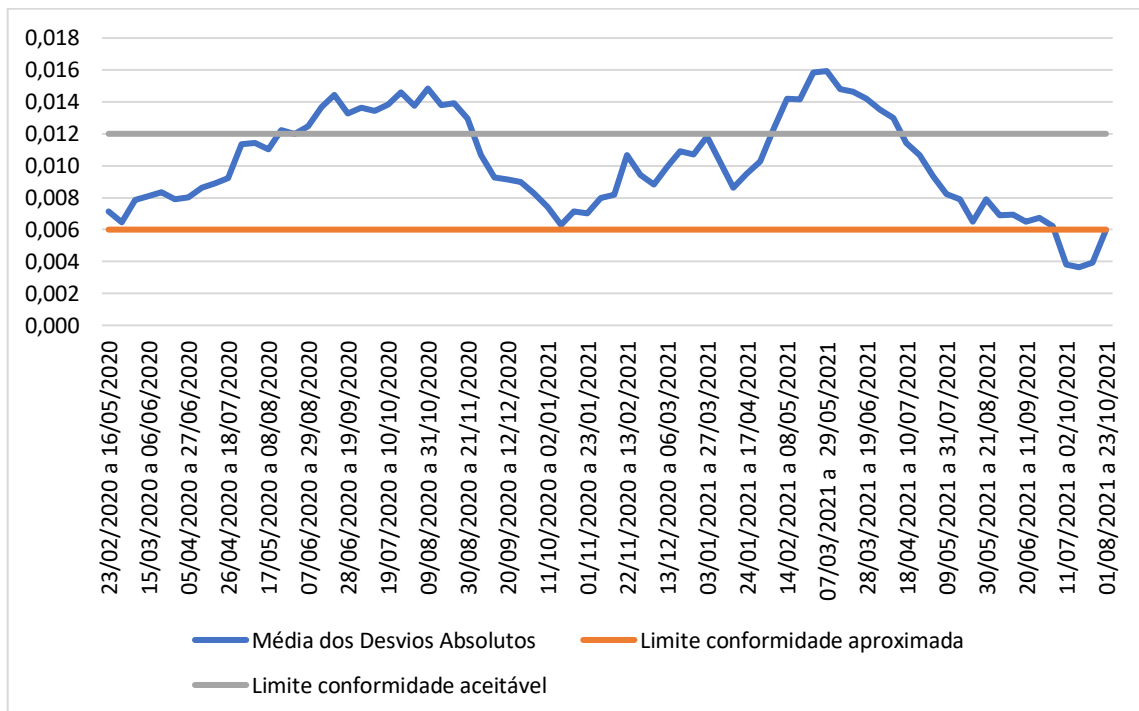
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 35 Evolução teste Qui-quadrado para teste do primeiro dígito para número de óbitos – diários.



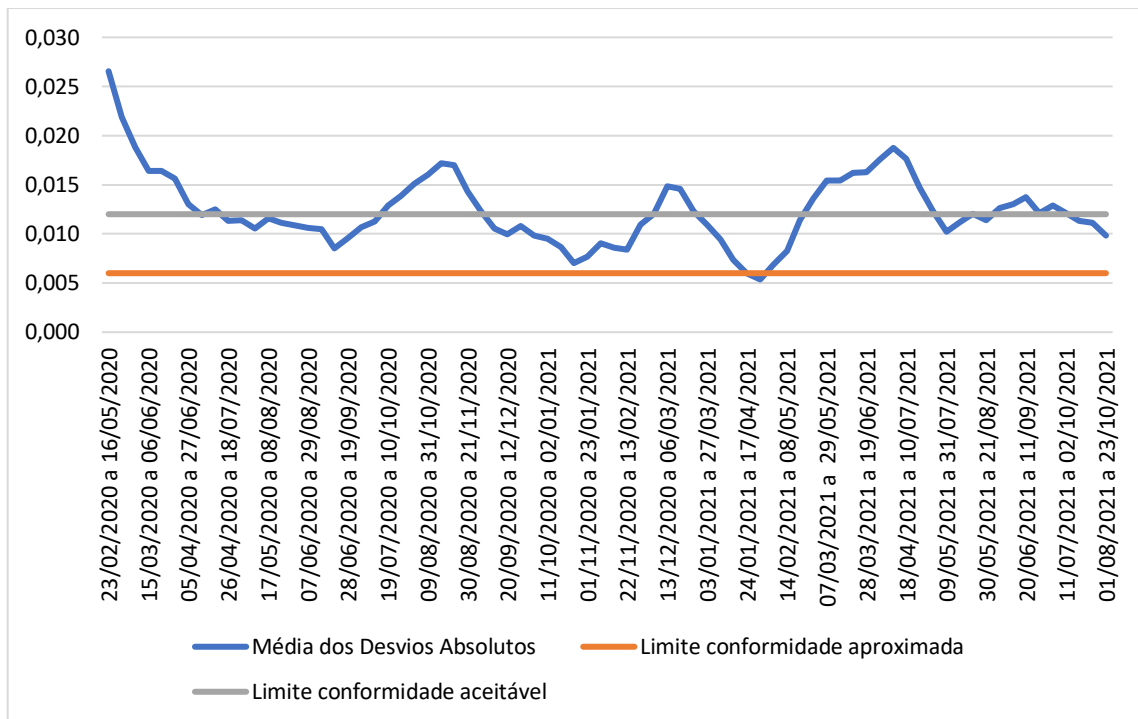
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 36 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do primeiro dígito para número de casos – diários.



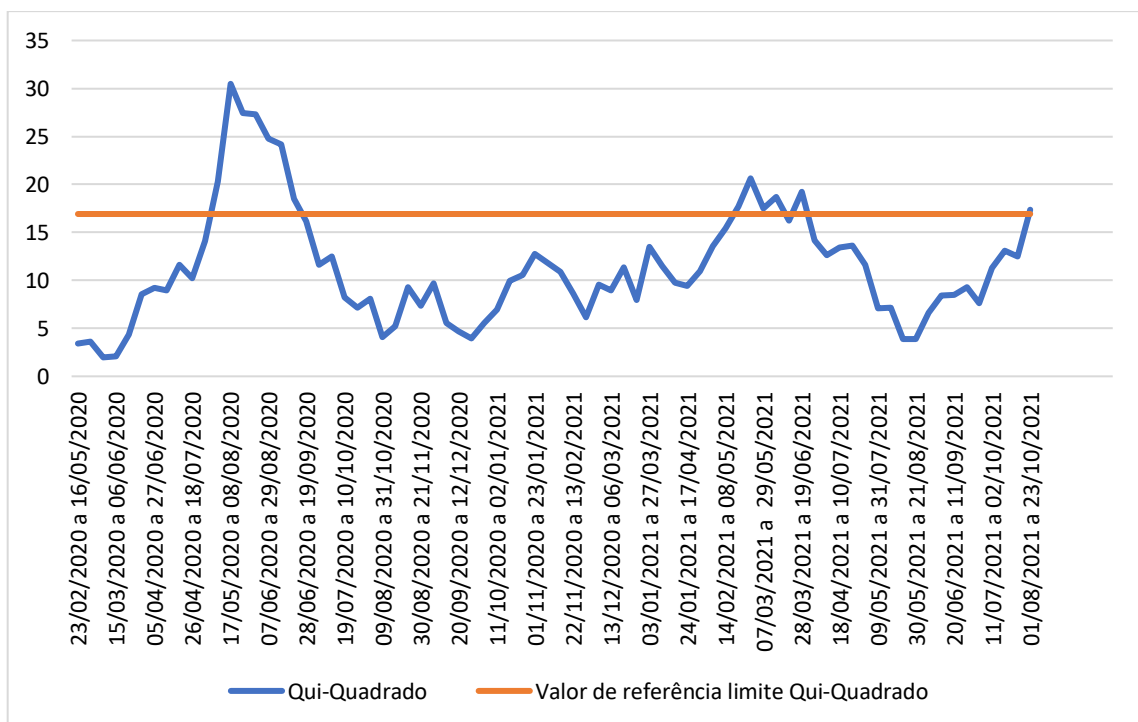
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 37 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do primeiro dígito para número de óbitos – diários



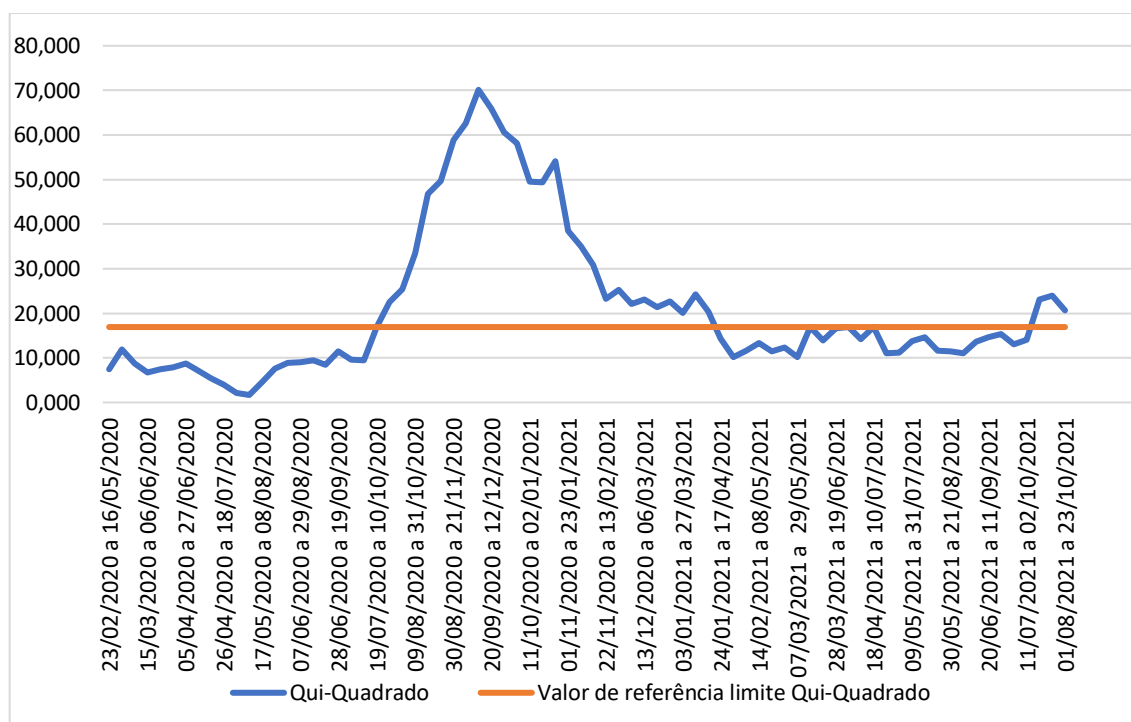
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 38 Evolução teste Qui-quadrado para teste do segundo dígito para número de casos – diários



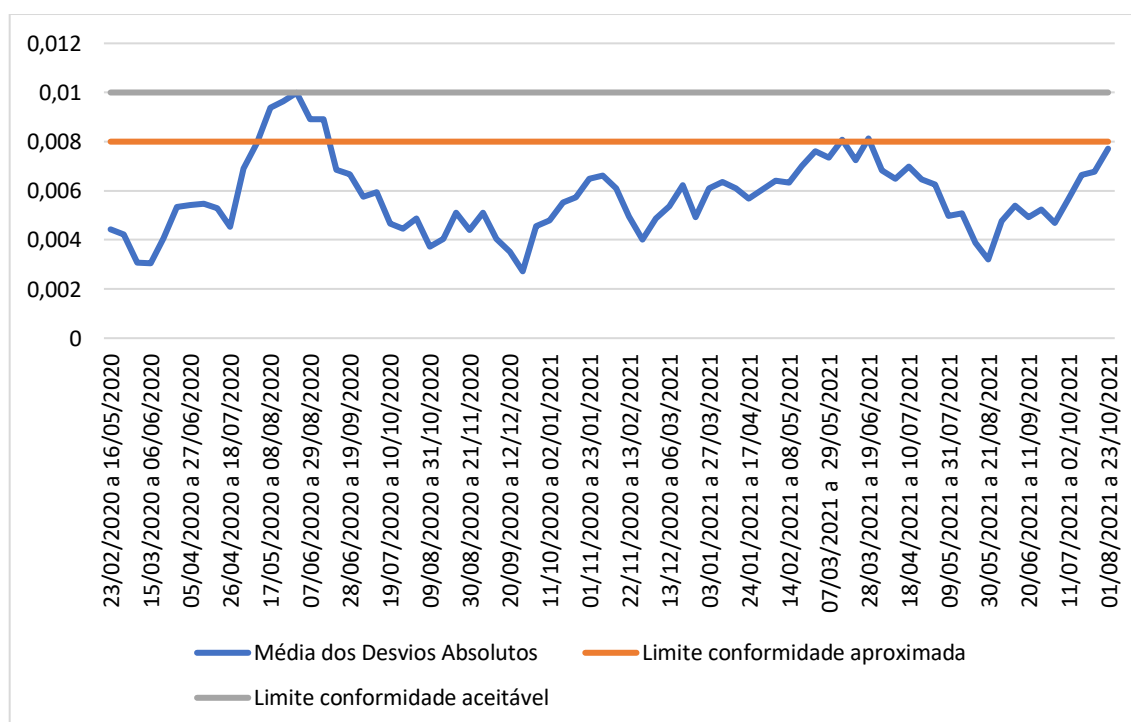
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 39 Evolução teste Qui-quadrado para teste do segundo dígito para número de óbitos – diários



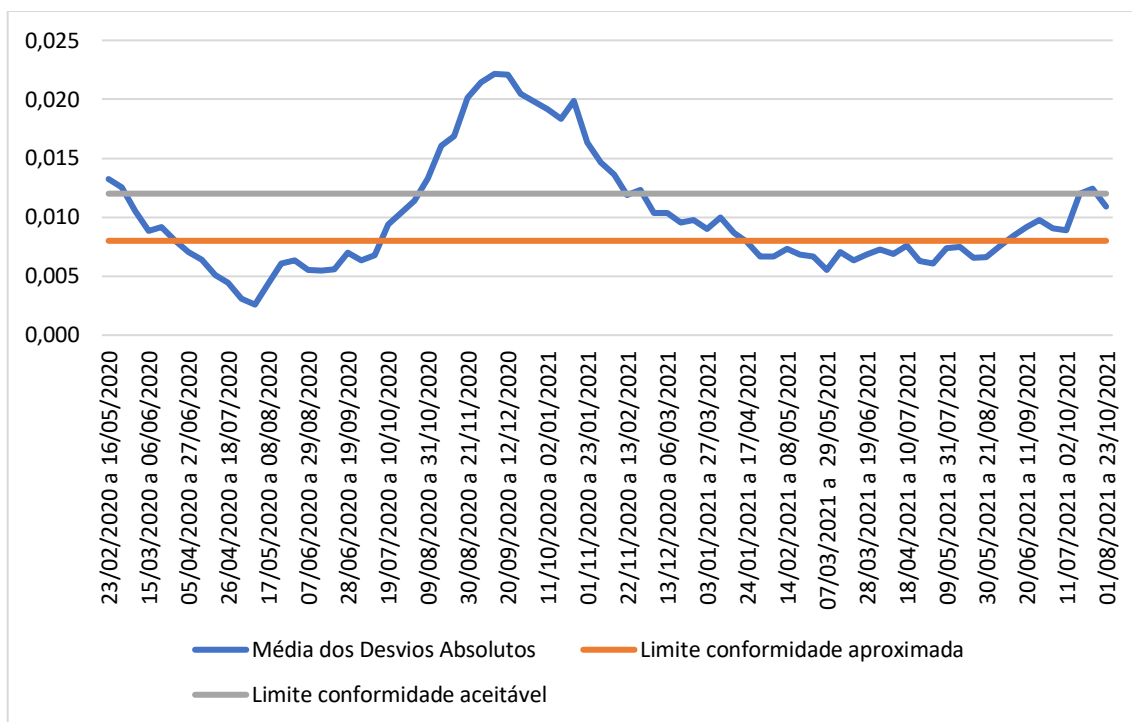
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 40 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do segundo dígito para número de casos – diários



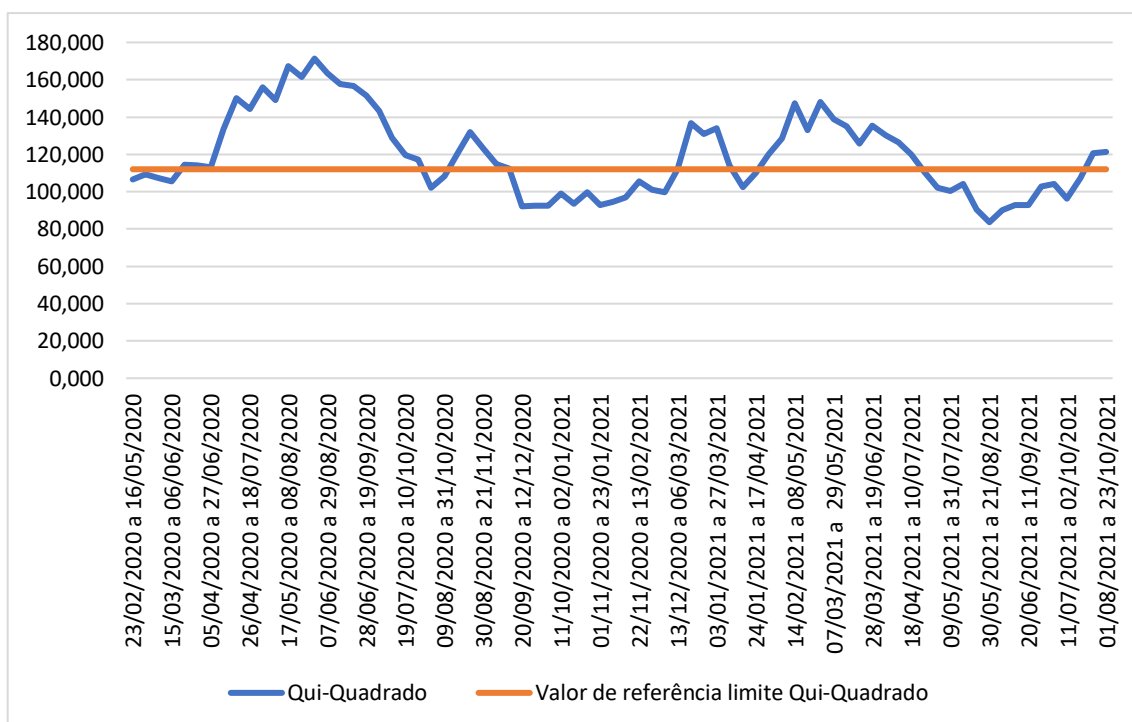
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 41 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste do segundo dígito para número de óbitos – diários



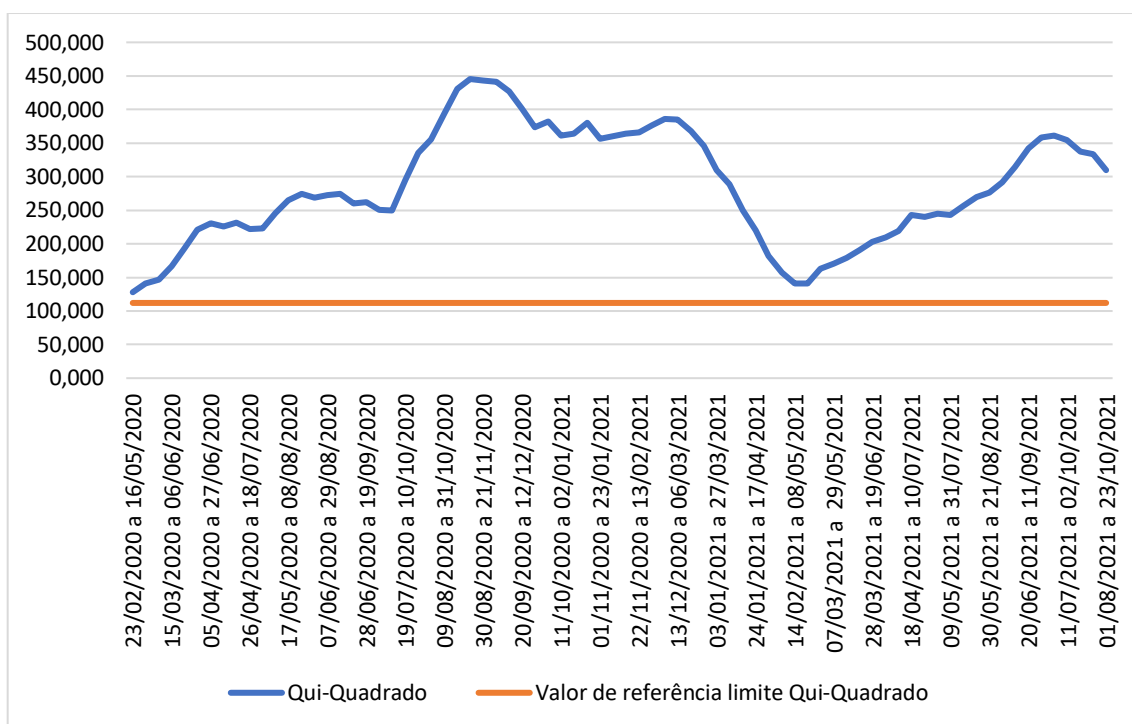
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 42 Evolução teste Qui-quadrado para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos – diários



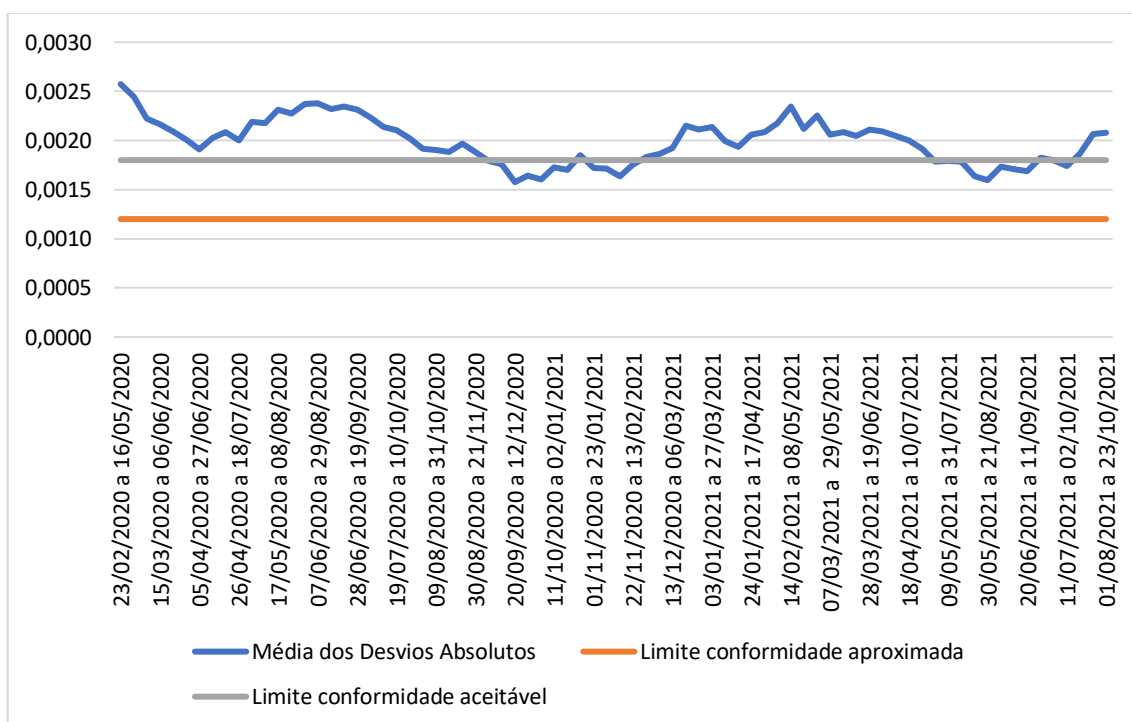
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 43 Evolução teste Qui-quadrado para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos – diários



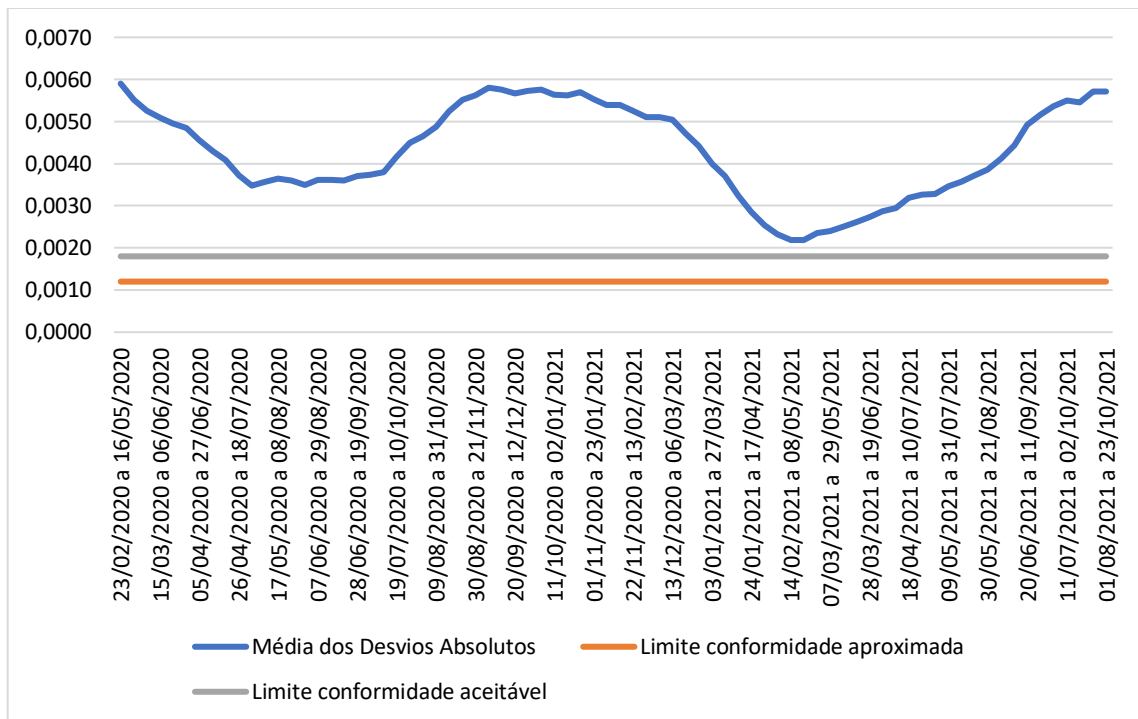
Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 44 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos – diários



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Gráfico 45 Evolução teste Média dos Desvios Absolutos para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos – diários



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Outra análise executada foi a de fases (crescimento, estabilidade, decrescimento) para descobrir qual delas apresentava maior congruência com a Lei de Benford. Para tanto, foi calculada a média móvel (média dos últimos 7 dias) de casos por dia para os dados diários agregados do Brasil, e, a partir desse resultado, a variação da média móvel em 14 dias foi mensurada. Dessa forma, os dias em que a variação da média móvel foi inferior a -15% foram selecionados como períodos de decrescimento, aqueles em que a variação estava entre -15% e 15% foram registrados como períodos de estabilidade e, por fim, aqueles em que a variação foi superior a 15% foram separados dentro do período de crescimento. Esse é o critério usualmente utilizado pelos portais da mídia para separação de fases da pandemia. Dessa forma, após a separação em crescimento, estabilidade e decrescimento, a segmentação foi feita para os dados estaduais a partir das datas encontradas nos cálculos feitos com dados do Brasil agregados.

Os testes para averiguação de conformidade foram aplicados e se descobriu o que segue:

Tabela 9 Resultados dos testes de conformidade para separação de dados diários em fases

TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO		
CASOS	QUI-QUADRADO	MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS
CRESCIMENTO	10,330	0,003
ESTABILIDADE	44,853	0,009
DECRESCIMENTO	9,339	0,005
ÓBITOS	QUI-QUADRADO	MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS
CRESCIMENTO	22,899	0,006
ESTABILIDADE	12,034	0,004
DECRESCIMENTO	22,224	0,008
TESTE DO SEGUNDO DÍGITO		
CASOS	QUI-QUADRADO	MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS
CRESCIMENTO	5,378	0,003
ESTABILIDADE	17,003	0,004
DECRESCIMENTO	12,756	0,004
ÓBITOS	QUI-QUADRADO	MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS
CRESCIMENTO	33,470	0,010
ESTABILIDADE	19,208	0,006
DECRESCIMENTO	17,942	0,007
TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS		
CASOS	QUI-QUADRADO	MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS
CRESCIMENTO	100,827	0,0012
ESTABILIDADE	126,021	0,0013
DECRESCIMENTO	92,555	0,0015
ÓBITOS	QUI-QUADRADO	MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS
CRESCIMENTO	291,705	0,0033
ESTABILIDADE	594,689	0,0033
DECRESCIMENTO	368,577	0,0044

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Estão coloridos os valores para qual a conformidade é atestada. No caso da Média dos Desvios Absolutos, estão em cinza mais escuro, os valores para qual a conformidade é apenas aceitável. Não parece existir um comportamento padrão para as fases.

CAPÍTULO 5: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DOS DADOS DAS REGIÕES DO BRASIL

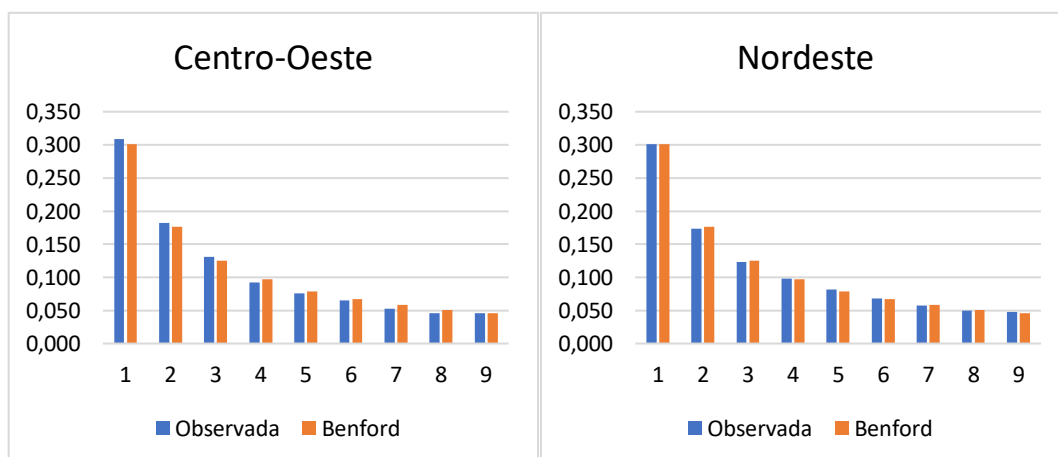
Avalia-se, agora, o resultado da comparação da frequência enunciada pela Lei de Benford com a frequência dos dígitos nas amostras de dados das regiões do Brasil. Foram considerados para análise as informações referentes ao número de casos e de óbitos acumulados por município. Essa avaliação pode indicar que algumas regiões têm dados menos confiáveis do que outras e pode ser, não obstante, uma forma de afunilar a análise das informações do contexto brasileiro e, dessa forma, obter percepções sobre a situação dos estados do país para todo o período desde que a documentação de casos foi iniciada para municípios (27/03/2020) até 23/10/2021.

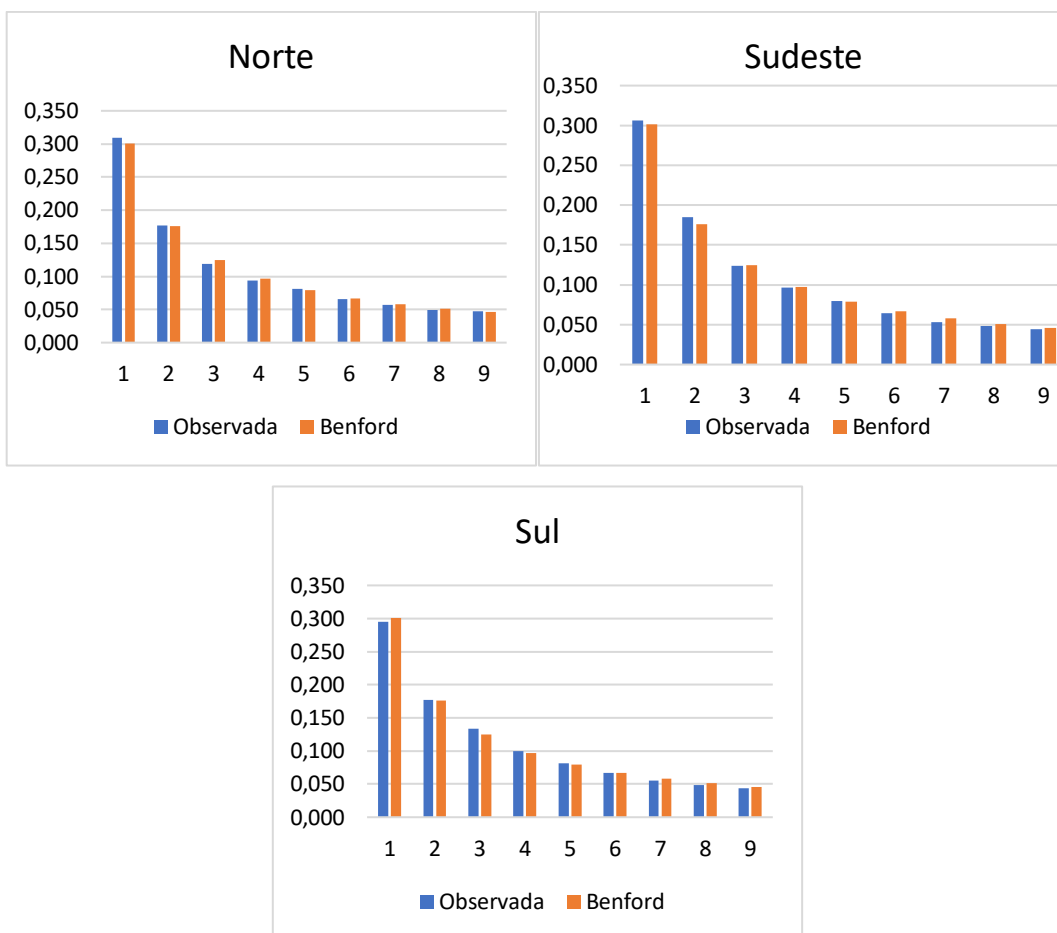
Uma contribuição relevante que poderia ser realizada futuramente é a segmentação dos dados de regiões do país em períodos, conforme feito para a totalidade do Brasil no capítulo anterior, o que só poderia ser feito utilizando dados municipais, dado que, para algumas regiões, utilizar dados estaduais comporia uma amostra muito pequena para realização do teste de conformidade com a Lei de Benford.

Teste do primeiro dígito

Os primeiros gráficos se referem ao número de casos acumulados para os distintos extratos de análise para o teste do primeiro dígito.

Gráfico 24 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de casos acumulados para as cinco regiões do Brasil.





Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os testes estatísticos utilizados no capítulo anterior foram realizados e os resultados estão na tabela que segue, onde “X²” indica os resultados do Qui-Quadrado e “MDA” indica os resultados da Média dos Desvios Absolutos.

Tabela 10 - Tabela com resultados dos diferentes testes para números de casos acumulados.

Regiões	Primeiro Dígito		Segundo Dígito		Dois primeiros dígitos	
	X ²	MDA	X ²	MDA	X ²	MDA
Centro-Oeste	501,425	0,004	62,066	0,001	1335,326	0,001
Nordeste	244,473	0,001	30,430	0,000	1259,669	0,000
Norte	193,471	0,003	190,740	0,003	1423,178	0,001
Sudeste	1133,493	0,003	106,593	0,001	3049,523	0,001

Sul	788,648	0,003	71,443	0,001	1942,289	0,000
-----	---------	-------	--------	-------	----------	-------

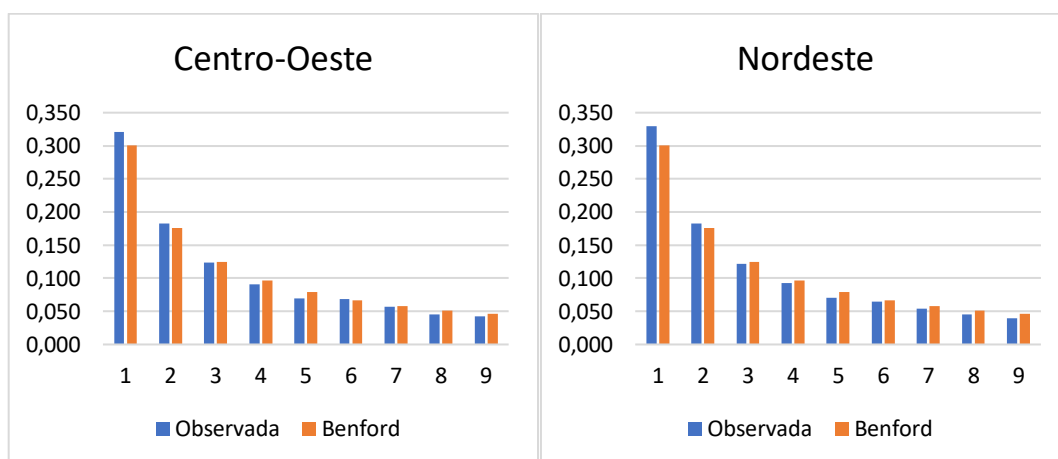
Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

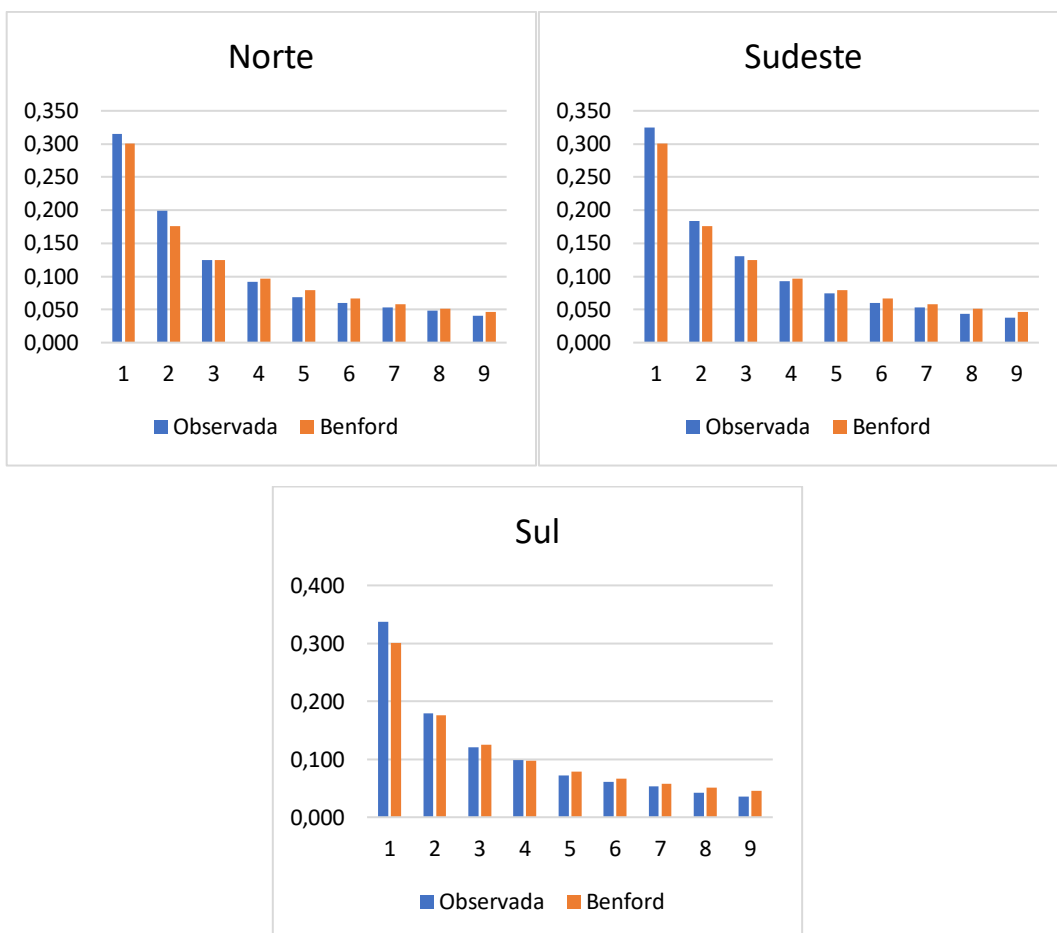
Percebe-se, conforme tabela 24, que o teste Qui-Quadrado indica a não conformidade dos dados com a Lei de Benford para todas as regiões (nenhum dos valores é inferior ao valor crítico de 15,507 para 8 graus de liberdade e para 5% de significância). Contudo, o teste da Média dos Desvios Absolutos, para todas as regiões, indica o maior grau de conformidade com a frequência prevista na Lei de Benford (conformidade aproximada).

O que pode explicar a diferença de resultados entre os testes é a sensibilidade do teste Qui-Quadrado às pequenas variações em amostras grandes, dado que todos os conjuntos de informações das regiões ultrapassam a quantidade de 5000 elementos, número que Nigrini (2012) estipula como marco para grandes amostras.

Agora, para o número de mortes, verifica-se o que segue nos gráficos:

Gráfico 46 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de óbitos acumulados para as cinco regiões do Brasil.





Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Investiga-se, portanto, os valores dos testes estatísticos para o teste do primeiro dígito, conforme tabela 25.

Tabela 11 - Tabela com resultados dos diferentes testes para números de óbitos acumulados.

Regiões	Primeiro Dígito		Segundo Dígito		Dois primeiros dígitos	
	X ²	MDA	X ²	MDA	X ²	MDA
Centro-Oeste	856,903	0,006	756,601	0,007	14538,039	0,004
Nordeste	5279,471	0,008	4163,160	0,009	80800,902	0,004
Norte	1572,597	0,008	1272,305	0,008	20039,219	0,004
Sudeste	4999,235	0,008	2431,709	0,007	38565,932	0,003
Sul	5033,340	0,009	2682,758	0,010	35678,480	0,004

Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

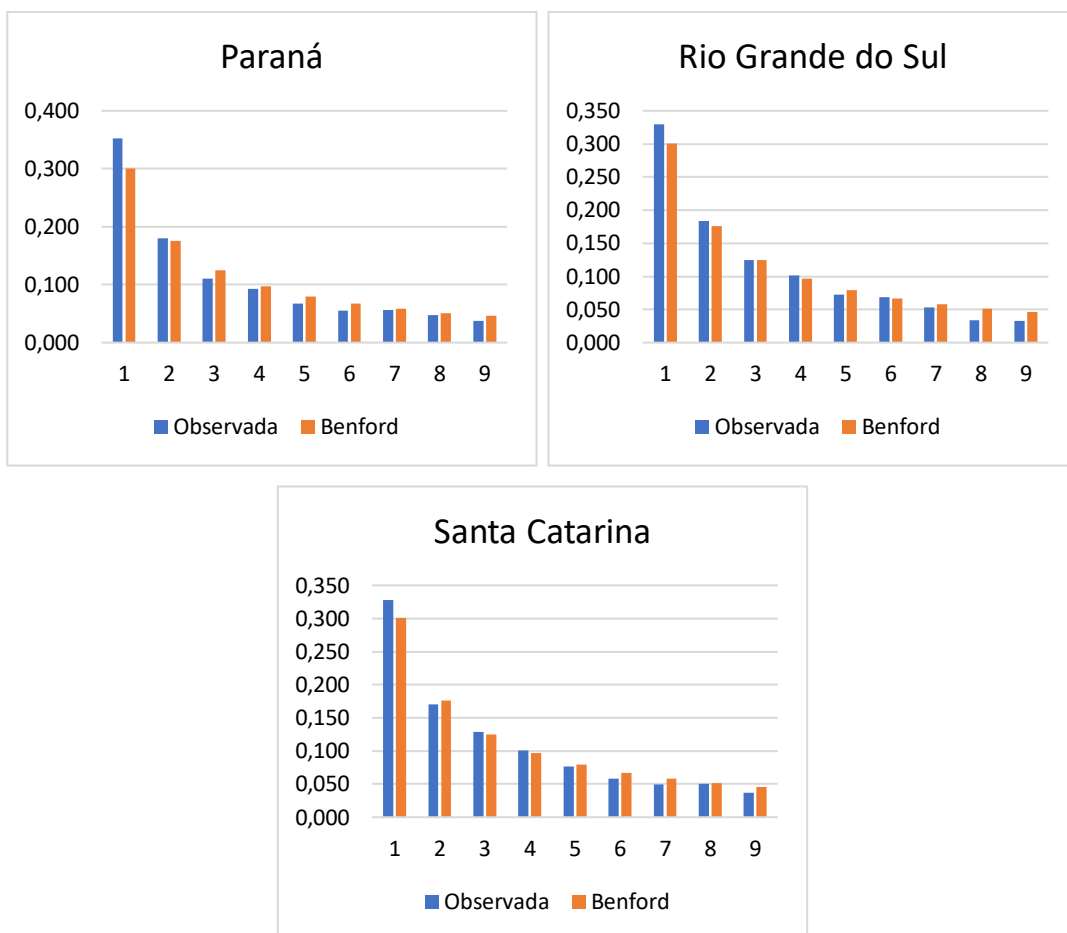
O resultado do teste Qui-Quadrado será desprezado daqui em diante pelos motivos expostos anteriormente, a avaliação se aterá ao teste da Média dos Desvios Absolutos. Essa mesma justificativa se estende ao não cálculo da estatística Z.

Em cinza claro estão os valores para os quais a conformidade é aproximada, em cinza escuro estão os valores para os quais a conformidade com a Lei de Benford é apenas aceitável e, sem preenchimento, estão os valores que indicam que a conformidade não é aceitável.

Restringindo, inicialmente, a avaliação ao teste do primeiro dígito, ao número de óbitos, é interessante avaliar o resultado da região Sul que apresenta excesso do dígito 1, concordância de frequência para 2 e 4 e pequena escassez dos demais dígitos. Ressalta-se que, ainda que tenha apresentado o maior valor entre as regiões para o teste da Média dos Desvios Absolutos no teste do primeiro dígito para número de mortes, a conformidade aceitável foi apontada.

Aprofunda-se, portanto, a análise para os estados da região Sul, no caso do teste do primeiro dígito para número de óbitos.

Gráfico 47 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de óbitos acumulados para os três estados da região Sul.



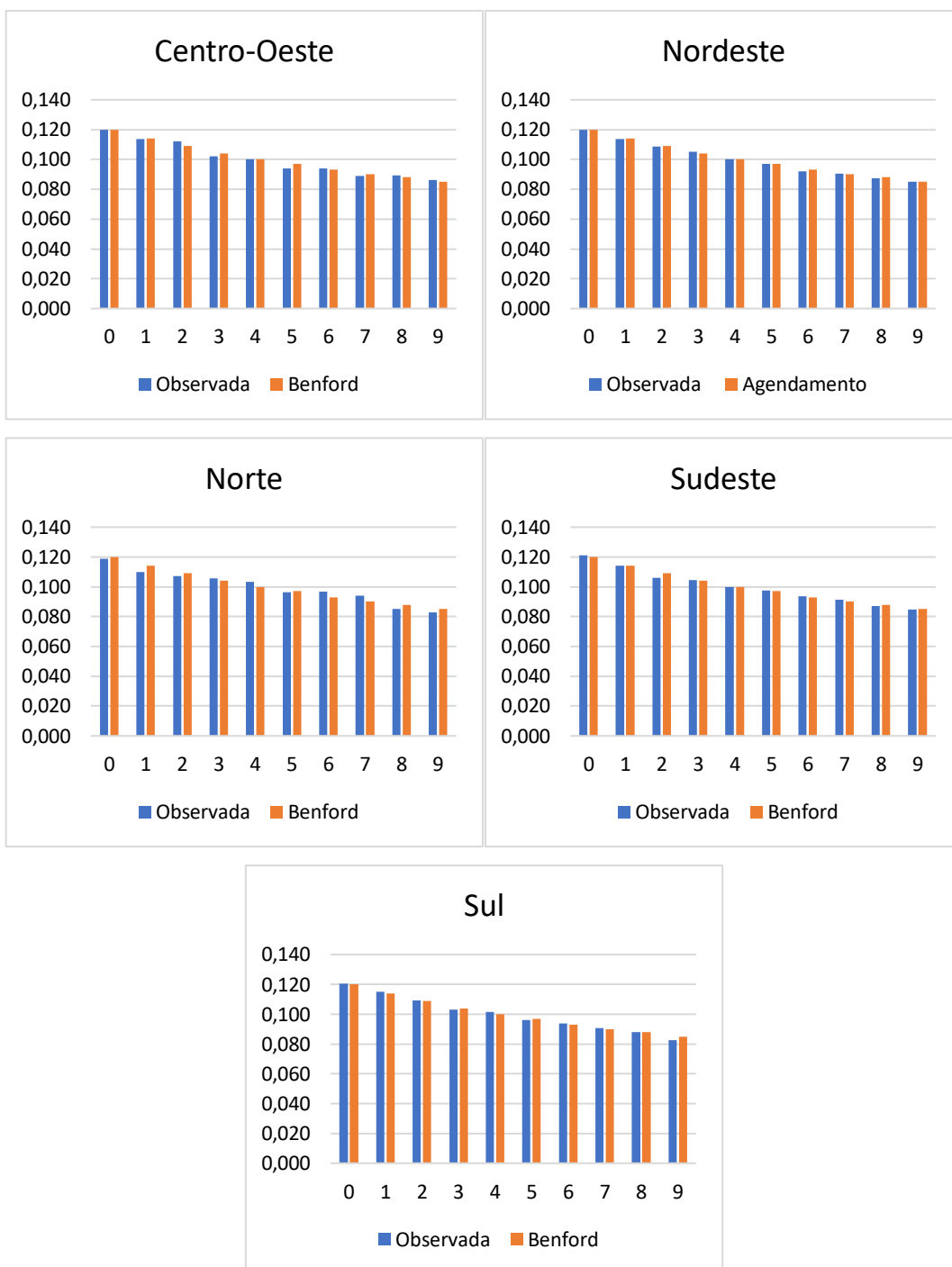
Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os resultados do teste da Média dos Desvios Absolutos são 0,012 para o Paraná, 0,009 para o Rio Grande do Sul e 0,007 para Santa Catarina. Todos são indicativos de conformidade aceitável.

Teste do segundo dígito

Os gráficos de comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de casos acumulados para as cinco regiões do Brasil para o teste do segundo dígito são os que seguem:

Gráfico 48 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de casos acumulados para as cinco regiões do Brasil.



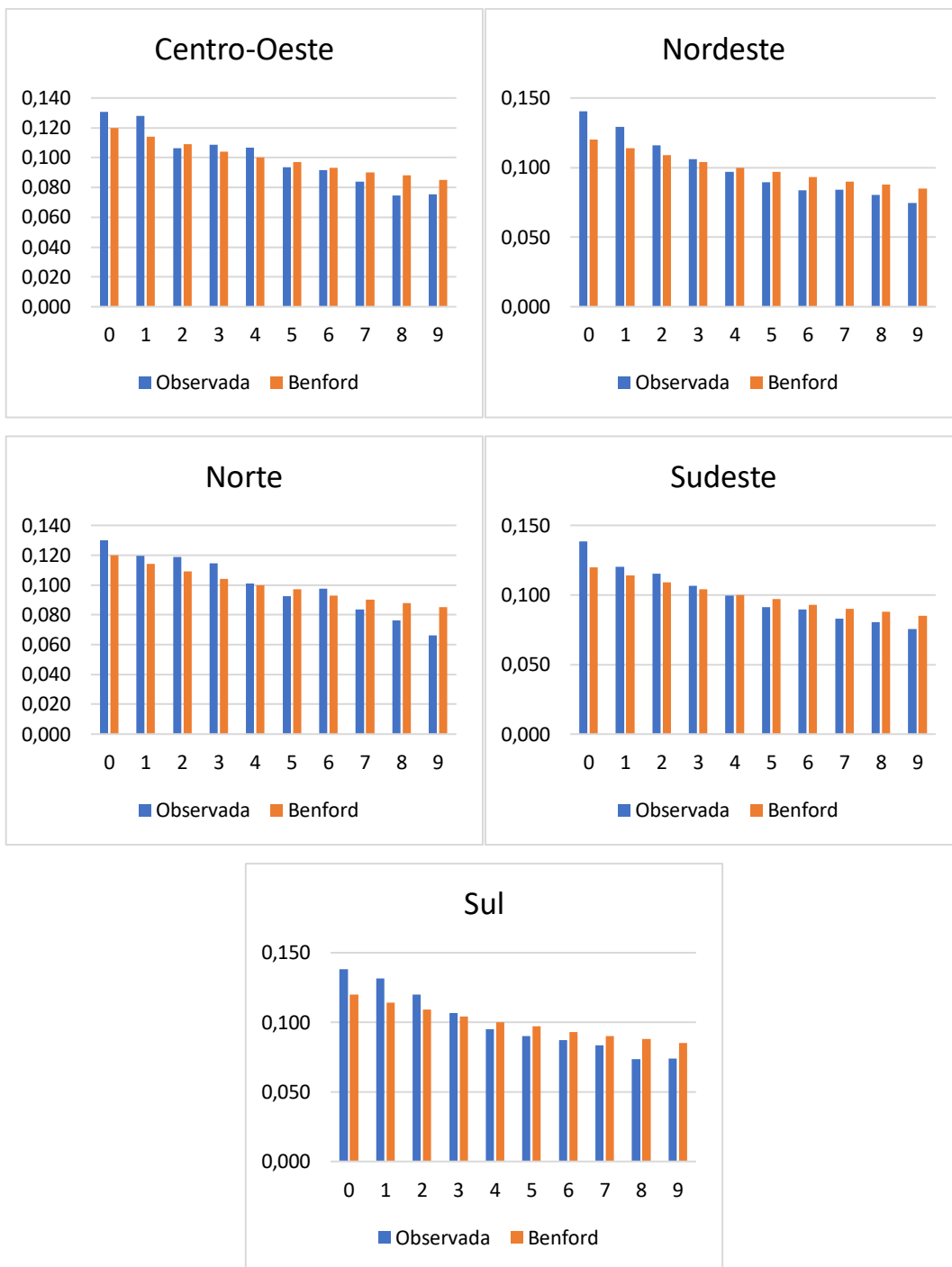
Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Conforme observado na tabela 24, o teste da Média dos Desvios Absolutos, para todas as regiões, indica o maior grau de conformidade com a frequência prevista na Lei de Benford (conformidade aproximada), o que é um indicativo de confiabilidade dos dados.

Já, para o número de óbitos, o teste da Média dos Desvios Absolutos, de acordo com a tabela 25, indica conformidade apenas aceitável (em cinza escuro) para duas

regiões (Nordeste e Sul) e aproximada (em cinza claro) para três (Centro-Oeste, Norte e Sudeste). Em comum para todas as regiões está o excesso dos números 0 e 1 na posição de segundo dígito e a escassez de 5, 6, 7, 8 e 9 nessa mesma posição, com exceção do Norte, que está no limite da conformidade aproximada com a Lei de Benford e possui excesso também do dígito 6. A frequência excessiva ou escassa dos números 2, 3 e 4 varia de região para região.

Gráfico 49 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de óbitos acumulados para as cinco regiões do Brasil.

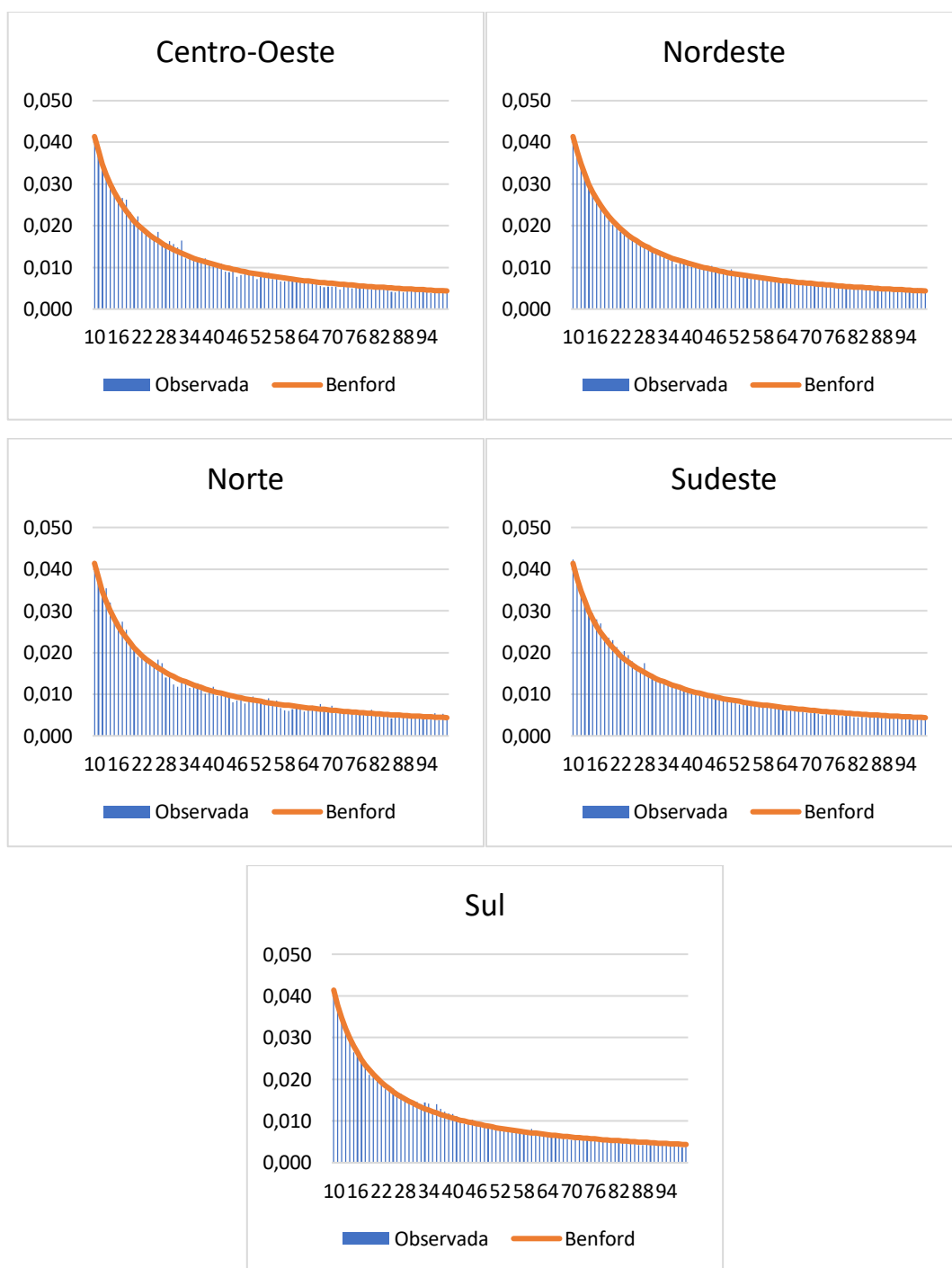


Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Teste dos dois primeiros dígitos

De ora em diante, serão verificados os resultados do teste dos dois primeiros dígitos. Em concordância com os apuramentos apresentados na tabela 24, para total de casos acumulados, percebe-se que todas as regiões estão em conformidade com a Lei de Benford.

Gráfico 50 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de casos acumulados para as cinco regiões do Brasil.

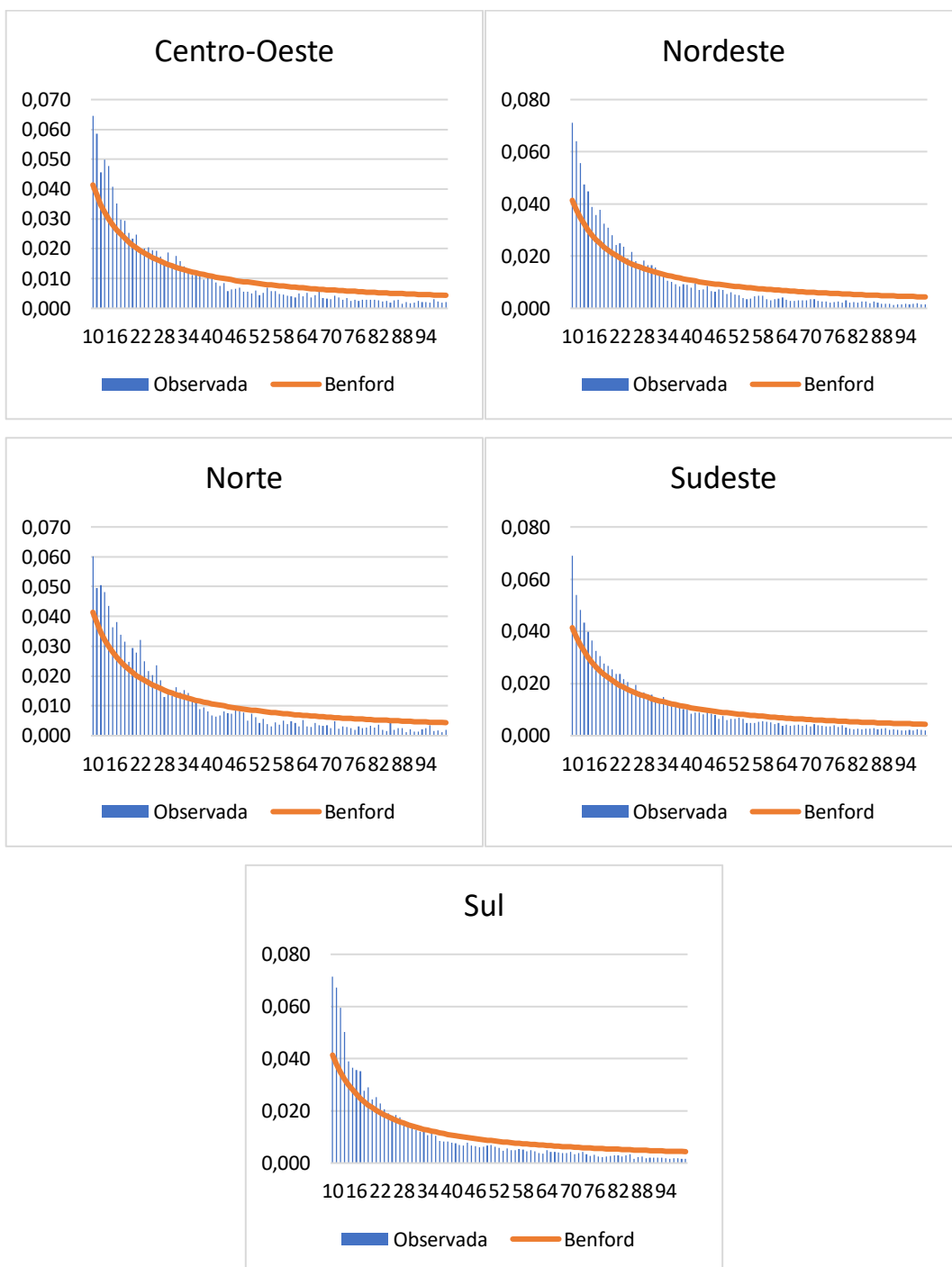


Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já, para o número de mortes acumuladas, conforme tabela 25, nenhuma amostra tem conformidade com a Lei de Benford, o que é causado pelo excesso de dígitos menores e pela escassez de dígitos maiores em todas as regiões, como

perceptível nos gráficos abaixo. Esse comportamento dos dados pode indicar progressão lenta da doença em um primeiro momento, o que faria com que os dados ficassem estagnados em menores posições por maior tempo.

Gráfico 26 - Comparação entre frequência de Benford e frequência observada em amostras de números de óbitos acumulados para as cinco regiões do Brasil.



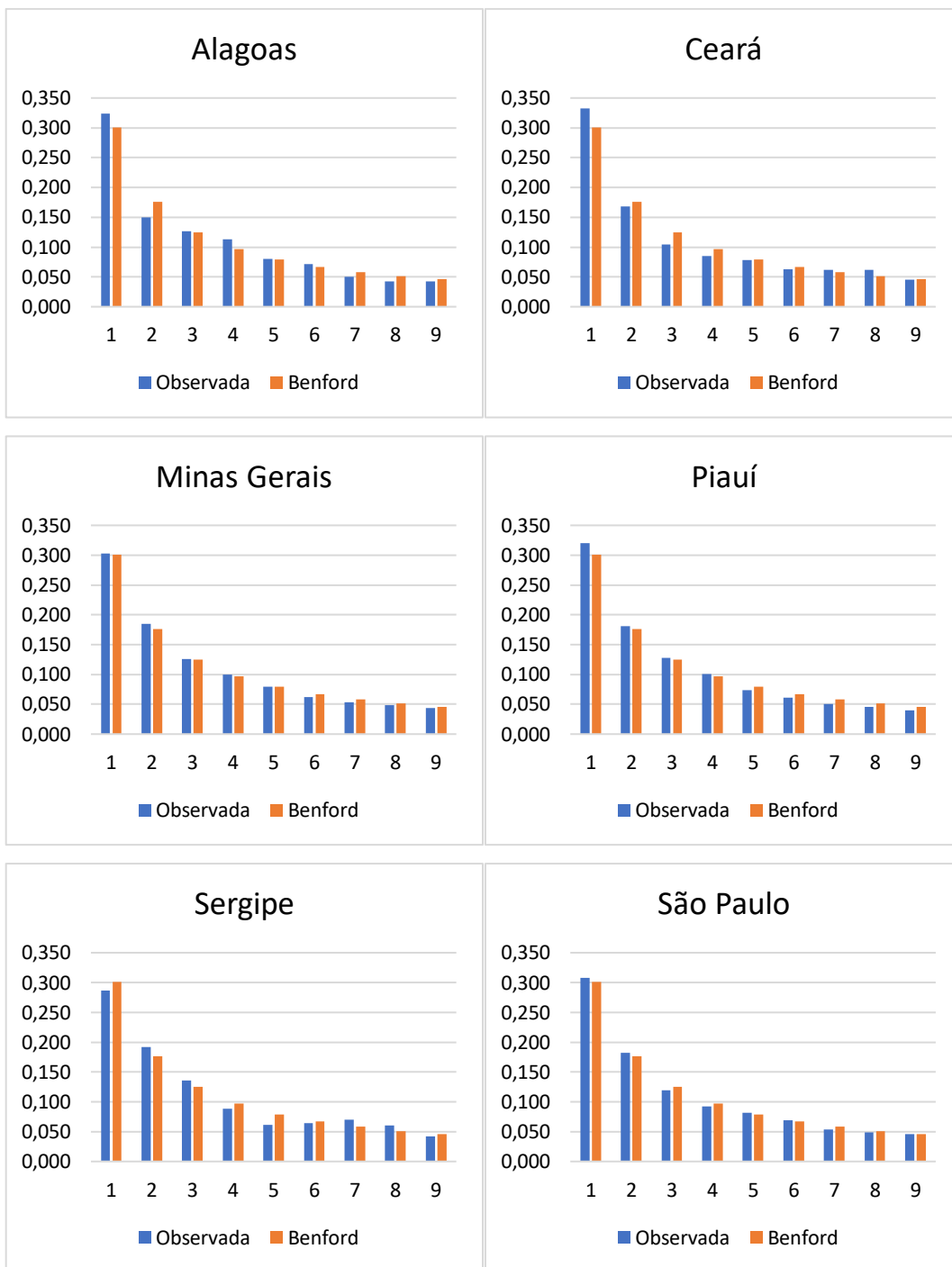
Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Avaliação específica de alguns estados

Além do afunilamento feito para o teste do primeiro dígito para estados da região Sul do país, avalia-se também, com maior profundidade, seis estados brasileiros: Alagoas, Ceará, Piauí, São Paulo e Sergipe. Essas unidades federativas verificadas foram escolhidas por conta dos planos de retomada econômica implementados em “fases” segundo a avaliação de Valente, Souza e Tokarnia (2020). Isso significa que, a depender do número de casos e de mortes, entre outros aspectos, as medidas de restrições econômicas e sanitárias são flexibilizadas progressivamente de acordo com a fase em que a região do estado está. Dessa maneira, não se extingue a possibilidade de manipulação dos dados de modo que a abertura econômica se dê de forma mais rápida por pressão de grupos de poder, por exemplo.

O teste do primeiro dígito foi, portanto, executado e os resultados das comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford estão nos gráficos abaixo.

Gráfico 51 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para estados selecionados.



Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Visualiza-se também, na tabela abaixo, os resultados do teste da Média dos Desvios Absolutos (“MDA”). Os cálculos do Qui-Quadrado não têm suas respostas computadas aqui dado a grande sensibilidade que o teste possui em amostras grandes.

Tabela 12 - Resultados da Média dos Desvios Absolutos para amostras de casos acumulados de COVID-19 de seis estados para teste do primeiro dígito.

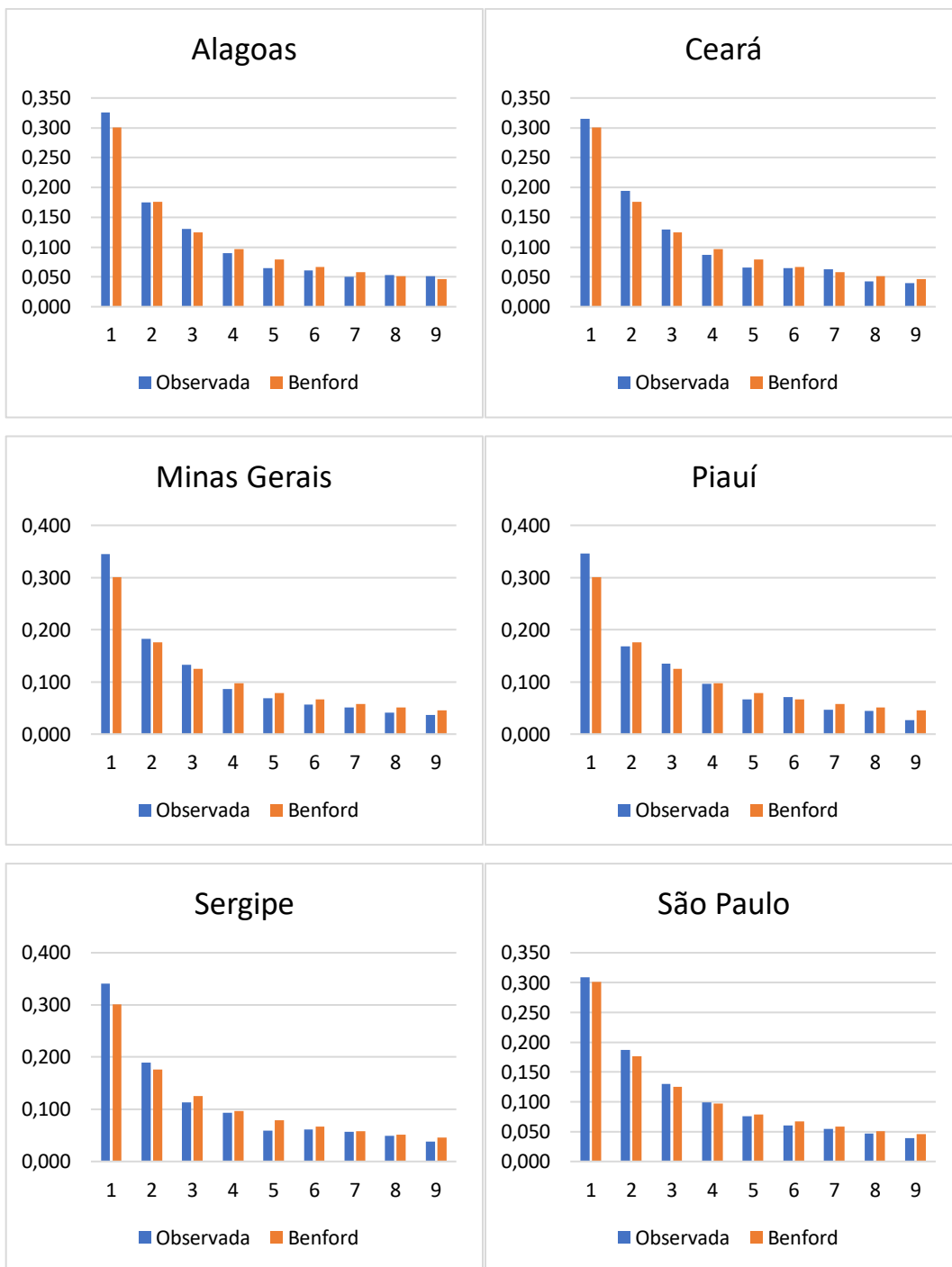
MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS			
ESTADO	PRIMEIRO DÍGITO	SEGUNDO DÍGITO	DOIS PRIMEIROS DÍGITOS
ALAGOAS	0,010	0,006	0,0019
CEARÁ	0,010	0,004	0,0016
MINAS GERAIS	0,003	0,001	0,0007
PIAUI	0,007	0,005	0,0013
SÃO PAULO	0,004	0,001	0,0005
SERGIPE	0,011	0,006	0,0019

Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Em cinza mais claro estão os valores para os quais a conformidade com a Lei de Benford é aproximada, enquanto, para os valores em que é apenas aceitável, o preenchimento é em cinza mais escuro. Esse último caso, para o teste do primeiro dígito, representa a situação de Alagoas, do Ceará, do Piauí e de Sergipe. Não estão preenchidos os que a conformidade é marginalmente aceitável.

Já, em configuração similar, seguem os registros para número de óbitos:

Gráfico 52 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para estados selecionados.



Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os resultados do teste da Média dos Desvios Absolutos são os que seguem. Alagoas, Ceará, São Paulo e Sergipe têm conformidade com a Lei dos Números Anômalos apenas aceitável, enquanto Minas Gerais e Piauí não têm conformidade e apresentam excesso de dígitos menores.

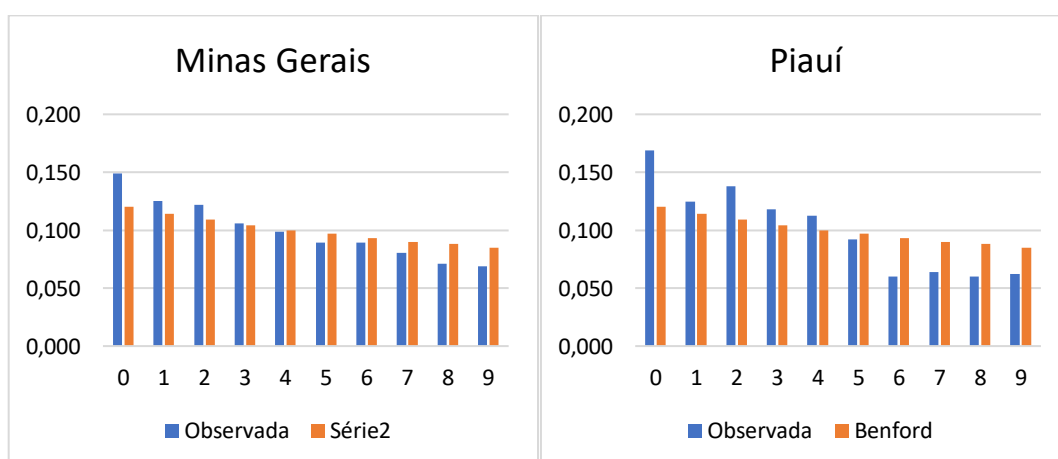
Tabela 13 - Resultados da Média dos Desvios Absolutos para amostras de óbitos acumulados de COVID-19 de seis estados.

MÉDIA DOS DESVIOS ABSOLUTOS			
ESTADO	PRIMEIRO DÍGITO	SEGUNDO DÍGITO	DOIS PRIMEIROS DÍGITOS
ALAGOAS	0,008	0,009	0,0055
CEARÁ	0,009	0,005	0,0030
MINAS GERAIS	0,013	0,011	0,0047
PIAUI	0,013	0,023	0,0059
SÃO PAULO	0,006	0,009	0,0048
SERGIPE	0,012	0,005	0,0024

Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Inspecionando os resultados não conformes para o teste do segundo dígito, percebe-se que existe maior aparição de dígitos menores na posição de segundo dígito para Minas Gerais e Piauí.

Gráfico 53 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para Minas Gerais e Piauí para o teste do segundo dígito.



Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

O teste do primeiro dígito indica conformidade tanto para números de casos quanto para número de óbitos para todas as regiões do país.

Já o teste do segundo dígito assinala abundância dos dígitos 0 e 1 para todas as regiões para número de óbitos.

O teste dos dois primeiros dígitos aponta que, para número de óbitos acumulados, há, em todas as regiões, excesso de dígitos menores.

Nenhuma das regiões apresenta desconformidade das informações com a Lei de Benford para número de contaminações acumuladas nos testes realizados.

Já a investigação por estados, com foco em seis unidades federativas, apontou Minas Gerais e Piauí como apropriados para uma análise mais minuciosa do número de óbitos.

CAPÍTULO 5: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DOS DADOS DE PAÍSES SELECIONADOS

Os cinco países com maior número de contaminações até 23/10/2021 (Brasil, Estados Unidos da América, Índia, Reino Unido e Rússia) foram avaliados nos testes do primeiro dígito, do segundo dígito e dos dois primeiros dígitos. Os dados utilizados foram os agregados para os países de número de casos e de número de mortes, e, como essas informações não constituíram grandes bancos de dados, o teste Qui-Quadrado volta a ser essencial para análise de conformidade com a Lei de Benford.

Foram realizados os testes Qui-Quadrado (“X²”) e Média dos Desvios Absolutos (“MDA”). Verifica-se que, na tabela 26, para o teste do primeiro dígito, para número de casos acumulados, as duas estatísticas indicam não conformidade com a Lei de Benford para todos os países.

Já para o teste do segundo dígito, os dois testes indicam a consonância com a Lei apenas para a Rússia.

Por fim, o teste dos dois primeiros dígitos aponta concordância das frequências calculadas com as frequências de Benford para nenhum país.

Tabela 14 - Tabela com resultados dos testes Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos para número de casos para países selecionados.

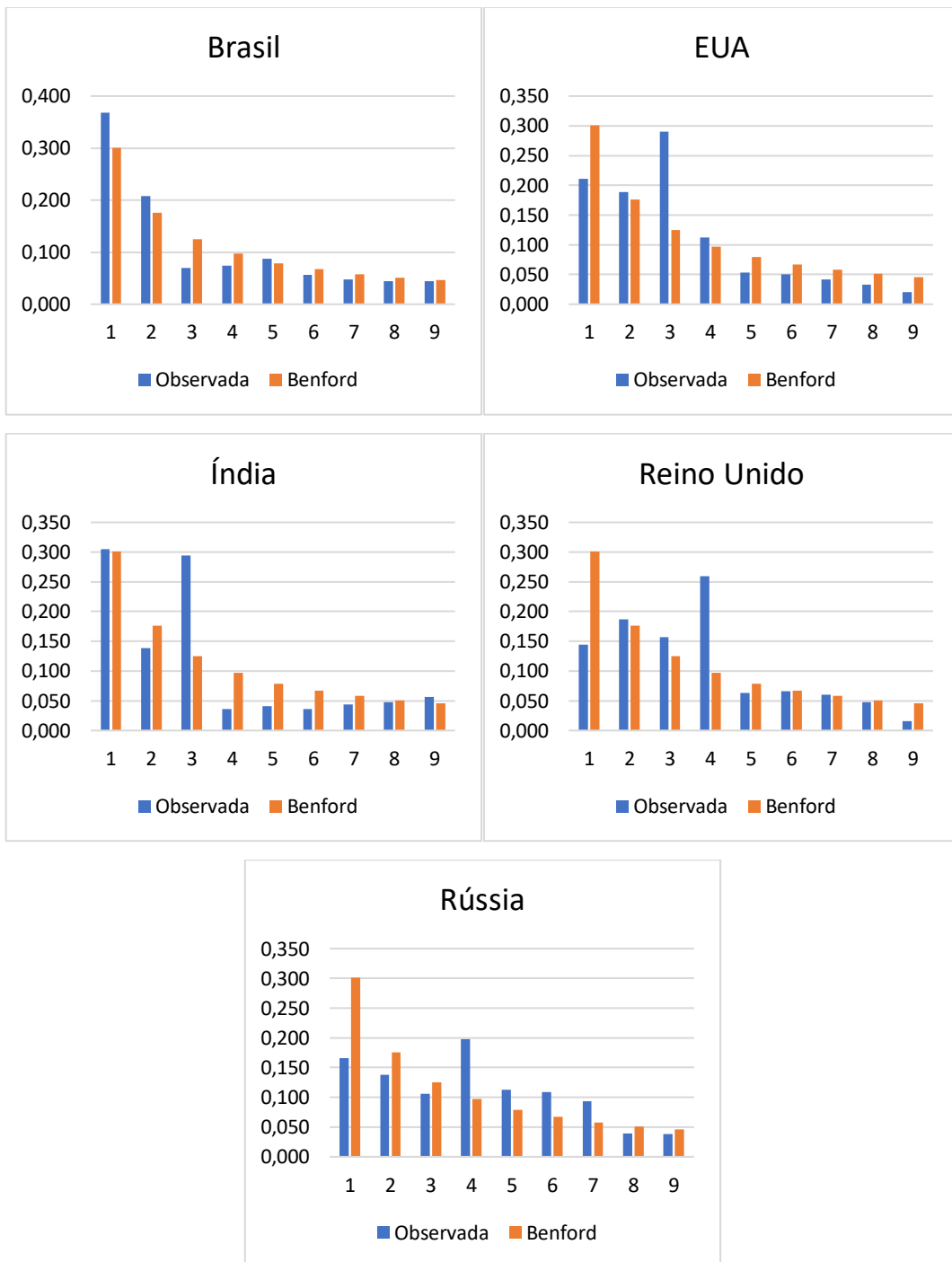
PAÍS	PRIMEIRO DÍGITO		SEGUNDO DÍGITO		DOIS PRIMEIROS DÍGITOS	
	X ²	MDA	X ²	MDA	X ²	MDA
BRASIL	34,030	0,024	25,531	0,018	287,076	0,005
EUA	183,888	0,043	32,600	0,017	538,895	0,006
ÍNDIA	197,589	0,041	75,500	0,030	542,207	0,007
REINO UNIDO	243,966	0,046	20,793	0,014	570,831	0,006
RÚSSIA	153,272	0,047	3,493	0,006	216,513	0,006

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Visualizando os gráficos é possível ter maior dimensão de como diferem as frequências observadas da frequência da Lei de Benford. Portanto, seguem representações gráficas para número de casos acumulados:

Teste do primeiro dígito para número de casos acumulados

Gráfico 54 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para países selecionados.



Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Apresenta-se também o consolidado das estatísticas Z calculadas para os países para o teste do primeiro dígito. Estão coloridas as células que correspondem aos dígitos em que o valor da estatística Z é menor que o limiar de 1,96 a 5% de significância, o que indica conformidade com a Lei de Benford.

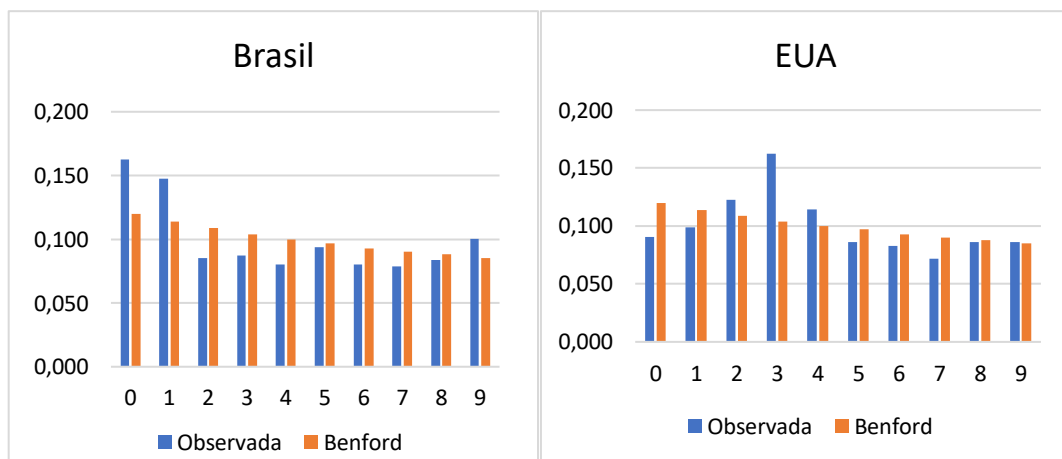
Tabela 15 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do primeiro dígito para número de casos.

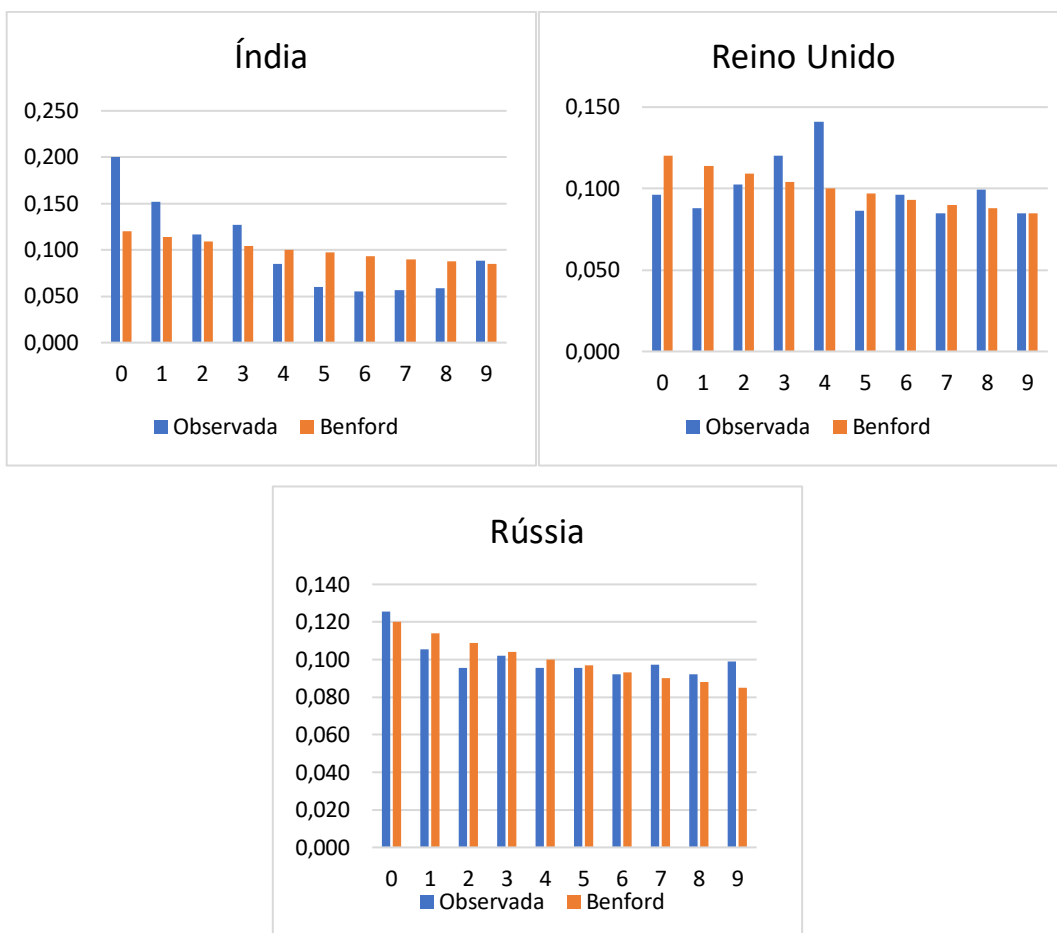
DÍGITO/ PAÍS	BRASIL	EUA	ÍNDIA	REINO UNIDO	RÚSSIA
1	3,55	4,95	0,17	8,56	7,35
2	2,01	0,80	2,39	0,65	2,48
3	4,08	12,58	12,78	2,35	1,38
4	1,82	1,24	5,09	13,74	8,49
5	0,70	2,36	3,46	1,39	3,03
6	0,99	1,65	3,01	0,05	4,16
7	0,98	1,64	1,40	0,14	3,72
8	0,63	2,01	0,32	0,31	1,22
9	0,07	3,01	1,21	3,53	0,87

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Teste do segundo dígito para número de casos acumulados

Gráfico 55 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para países selecionados.





Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Seguem os resultados do cálculo da estatística Z com a mesma regra de coloração do tópico anterior.

Tabela 16 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do segundo dígito para número de casos.

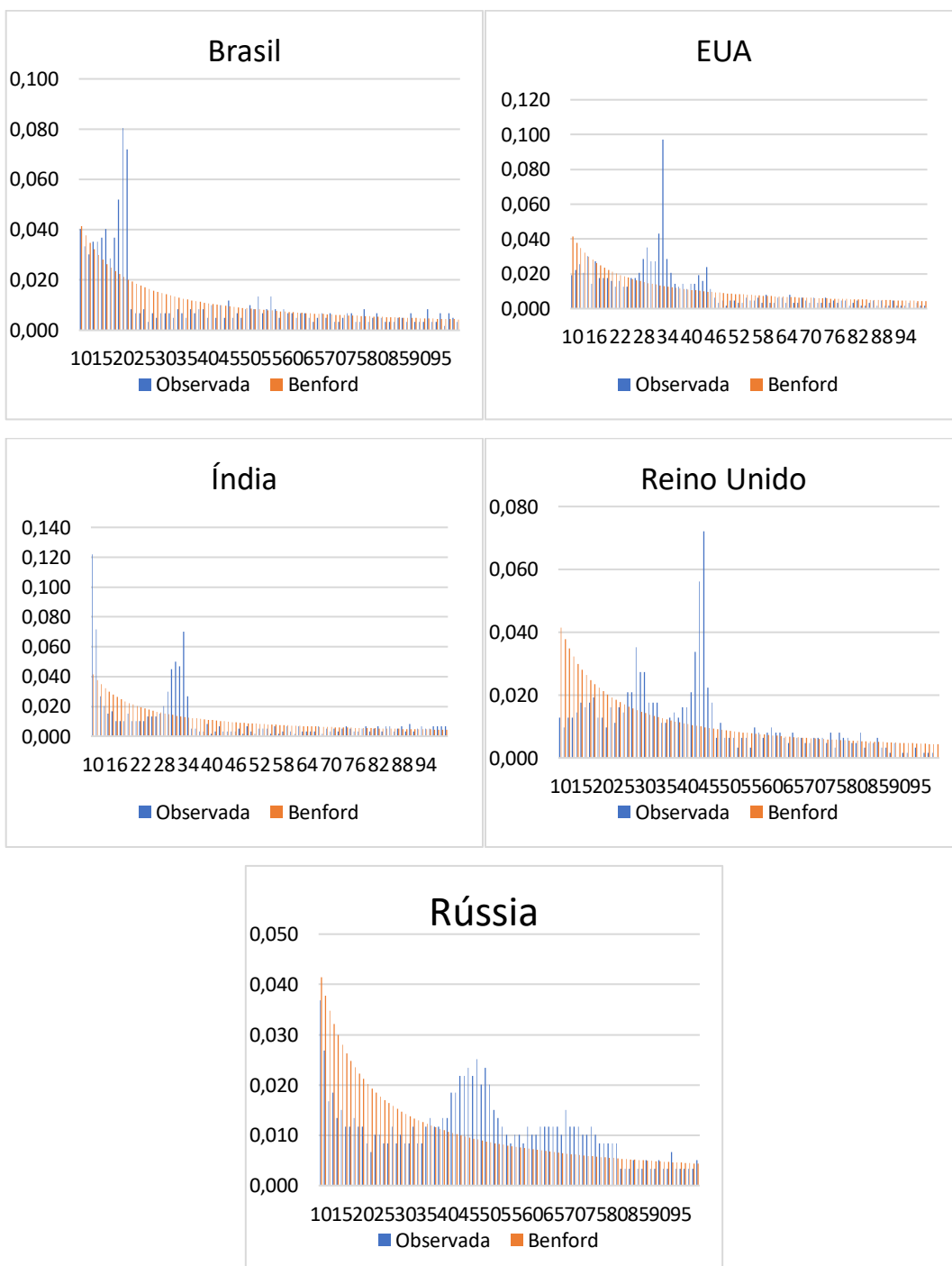
DÍGITO/ PAÍS	BRASIL	EUA	ÍNDIA	REINO UNIDO	RÚSSIA
0	3,13	2,21	5,99	1,77	0,36
1	2,50	1,15	2,86	1,97	0,59
2	1,78	1,02	0,55	0,45	0,99
3	1,29	4,71	1,77	1,26	0,08
4	1,53	1,14	1,14	3,35	0,30
5	0,19	0,88	2,98	0,82	0,06
6	0,99	0,82	3,12	0,20	0,00

7	0,89	1,55	2,77	0,37	0,54
8	0,29	0,12	2,48	0,93	0,28
9	1,28	0,01	0,23	0,01	1,14

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Teste dos dois primeiros dígitos para número de casos acumulados

Gráfico 56 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para casos acumulados para países selecionados.



Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Os resultados da estatística Z, como seguem, demonstram que existem mais picos que o razoável para consideração de conformidade (4 ou 5 picos) para todos os países.

Tabela 17 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos.

DÍGITO/ PAÍS	BRASIL	EUA	ÍNDIA	REINO UNIDO	RÚSSIA
10	0,04	2,71	9,79	3,48	0,45
11	0,44	1,94	4,26	3,59	1,30
12	0,50	1,17	0,96	2,88	2,29
13	0,30	1,52	1,57	2,63	1,79
14	0,63	0,04	2,02	2,16	2,25
15	1,18	1,96	1,56	1,45	1,79
16	1,99	0,11	2,37	1,48	2,10
17	0,44	1,05	2,20	1,03	1,93
18	2,02	0,86	2,04	0,57	1,49
19	4,77	0,68	1,06	1,46	1,61
20	9,90	0,78	1,76	1,31	1,46
21	8,85	1,19	1,63	1,74	1,91
22	1,79	0,48	1,50	0,45	2,09
23	1,99	0,93	1,39	1,20	1,38
24	1,89	0,80	0,66	0,17	1,27
25	1,48	0,09	0,54	0,35	1,48
26	2,35	0,06	0,42	0,72	1,38
27	1,62	0,82	0,15	0,85	0,63
28	1,87	2,58	0,79	3,92	1,20
29	1,46	4,05	2,94	2,43	0,78
30	1,38	2,54	6,20	2,57	1,04
31	1,31	2,68	7,44	0,65	0,96
32	1,60	6,28	6,94	0,75	0,17
33	0,81	18,45	12,18	0,85	0,81

34	1,11	3,43	2,92	0,13	0,74
35	1,42	1,74	1,42	0,05	0,11
36	0,61	0,37	1,37	0,03	0,15
37	0,92	0,08	1,69	0,48	0,03
38	0,48	0,53	1,65	0,17	0,10
39	0,42	0,03	0,43	1,01	0,37
40	1,15	0,68	1,95	1,09	0,44
41	0,10	0,75	1,51	2,35	1,71
42	1,06	2,01	0,66	5,62	1,79
43	0,02	1,29	1,43	11,38	2,69
44	0,97	3,39	1,39	15,64	2,78
45	0,34	0,20	1,35	3,11	3,28
46	0,88	0,57	1,31	1,94	2,95
47	0,41	1,36	0,85	0,51	3,89
48	0,80	0,90	1,68	0,39	2,67
49	0,10	1,72	0,33	0,42	3,63
50	0,16	0,82	1,17	0,38	2,82
51	0,02	0,79	1,59	0,33	1,55
52	1,16	1,19	0,66	1,18	1,16
53	0,16	1,16	0,62	0,25	0,75
54	0,11	0,23	0,59	0,21	0,34
55	1,31	0,64	1,48	1,08	0,15
56	0,19	0,61	0,05	0,32	0,43
57	0,48	0,12	1,43	0,13	0,47
58	0,03	1,01	0,93	0,06	0,03
59	0,17	0,19	0,18	0,21	1,03
60	0,14	0,95	0,87	0,48	0,59
61	0,35	0,92	1,33	0,04	0,63
62	0,07	0,18	0,08	0,08	1,16
63	0,04	0,15	0,79	0,13	1,20
64	0,26	0,85	0,77	0,34	1,24
65	0,74	0,16	0,74	0,18	1,28
66	0,20	0,80	0,72	0,04	1,32

67	0,08	0,77	0,07	0,01	0,85
68	0,15	0,01	1,18	0,23	2,43
69	0,14	0,22	0,13	0,20	1,44
70	0,62	0,70	0,62	0,08	1,48
71	0,59	0,09	0,07	0,11	1,51
72	0,04	0,66	0,58	0,14	1,02
73	0,25	0,63	0,02	0,10	1,05
74	0,01	0,17	0,00	0,45	1,62
75	0,51	0,59	0,24	0,58	1,12
76	0,48	0,04	0,49	0,51	0,61
77	0,63	0,55	0,47	0,00	0,63
78	0,44	0,26	0,17	0,03	0,66
79	0,15	0,24	0,13	0,22	0,69
80	0,16	1,03	0,41	0,20	0,71
81	0,10	0,47	0,11	0,65	0,38
82	0,36	0,17	0,20	0,43	0,36
83	0,34	0,98	0,35	0,14	0,34
84	0,33	0,97	0,24	0,12	0,04
85	0,02	0,39	0,26	0,19	0,31
86	0,00	0,09	0,29	0,36	0,29
87	0,27	0,92	0,02	0,34	0,02
88	0,33	0,05	0,33	0,89	0,25
89	0,23	0,89	0,24	0,02	0,23
90	0,22	0,88	0,96	1,44	0,08
91	0,20	0,01	0,20	0,85	0,20
92	1,02	0,85	0,11	0,84	0,18
93	0,16	0,83	0,43	1,41	0,44
94	0,15	0,82	0,15	0,22	0,15
95	0,48	0,21	0,17	1,39	0,13
96	0,73	1,39	0,49	0,78	0,11
97	0,52	0,18	0,51	0,77	0,10
98	0,23	0,77	0,53	0,76	0,08
99	0,07	0,75	0,55	1,35	0,24

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Conjugadas as informações desses três testes, pode-se considerar o que segue para cada país:

- Brasil: excesso dos dígitos 1 e 2 na primeira posição e de 0, 1 e 9 na segunda.
- Estados Unidos da América: excesso dos números iniciados com 3. Existe escassez do dígito 1 e a grande quantidade de aparições do dígito 3, no teste do primeiro dígito, pode indicar progressão mais lenta da doença apenas nos períodos em que as contaminações estagnaram em níveis iniciados com o número 3.
- Índia: excesso expressivo do dígito 3 na primeira posição e dos dígitos de 0 e 1 na segunda posição.
- Reino Unido: excesso dos dígitos 3 e 4 e escassez do 1. Na posição de segundo dígito, excesso do 4. Como no caso dos Estados Unidos da América, existe escassez do dígito 1 e grande quantidade de aparições dos dígitos 3 e 4 no teste do primeiro dígito.
- Rússia: os números 4, 5, 6 e 7 aparecem em demasia, enquanto os dígitos 1 e 2 pouco aparecem na posição de primeiro dígito. Para o segundo dígito, há conformidade com a Lei de Benford, apesar de pequenas variações com relação a frequência da lei.

Avalia-se agora o acumulado de números de mortes. A estatística Qui-Quadrado, conforme tabela abaixo, para o teste do segundo dígito, para Brasil, Estados Unidos da América (“EUA”) e Rússia, indica conformidade com a Lei de Benford. Os demais resultados dos testes não apontam consonância com a frequência de Benford. A verificação visual dos gráficos pode ser feita em seguida.

Tabela 18 - Tabela com resultados dos testes Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos para número de óbitos para países selecionados.

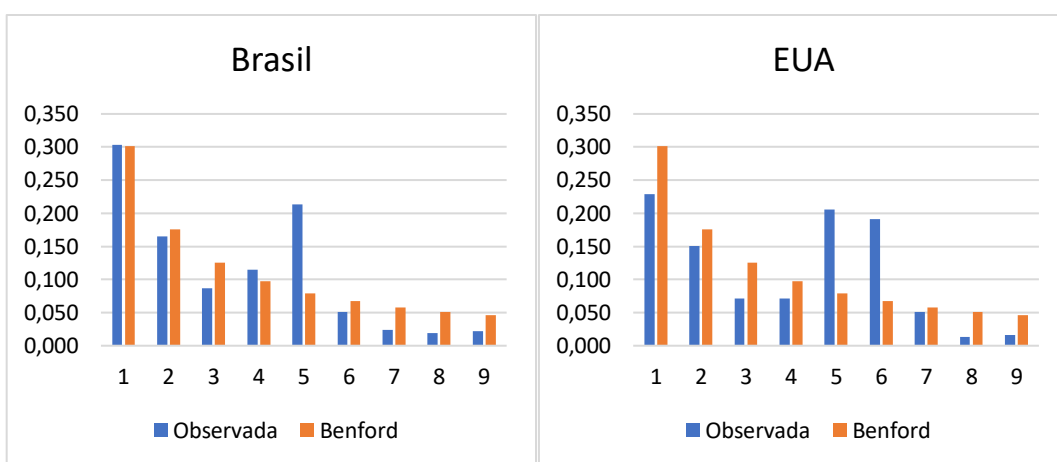
PAÍS	PRIMEIRO DÍGITO		SEGUNDO DÍGITO		DOIS PRIMEIROS DÍGITOS	
	X ²	MDA	X ²	MDA	X ²	MDA
BRASIL	175,8643	0,0343	13,6668	0,013	337,6262	0,0052
EUA	319,3762	0,0556	12,7260	0,013	663,5301	0,0063
ÍNDIA	207,5630	0,0553	122,1904	0,037	693,2394	0,0077

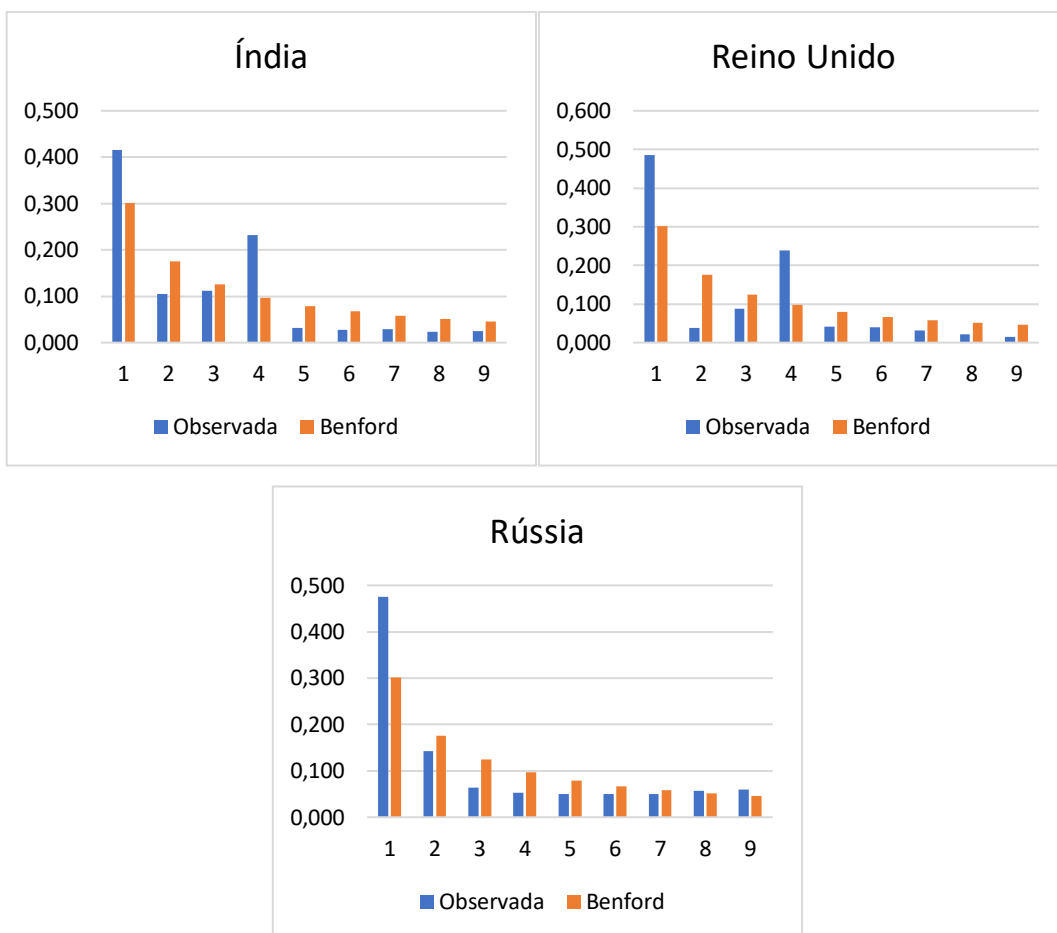
REINO UNIDO	307,0588	0,0724	424,4768	0,071	2211,7649	0,0118
RÚSSIA	105,1095	0,0432	4,9733	0,007	143,5238	0,0051

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Teste do primeiro dígito para número de óbitos acumulados

Gráfico 57 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para óbitos acumulados para países selecionados.





Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Abaixo está o consolidado das estatísticas Z calculadas para os países para o teste do primeiro dígito. Estão coloridas as células que correspondem aos dígitos em que o valor da estatística Z é menor que o limiar de 1,96 a 5% de significância, o que indica conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 19 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do primeiro dígito para número de óbitos.

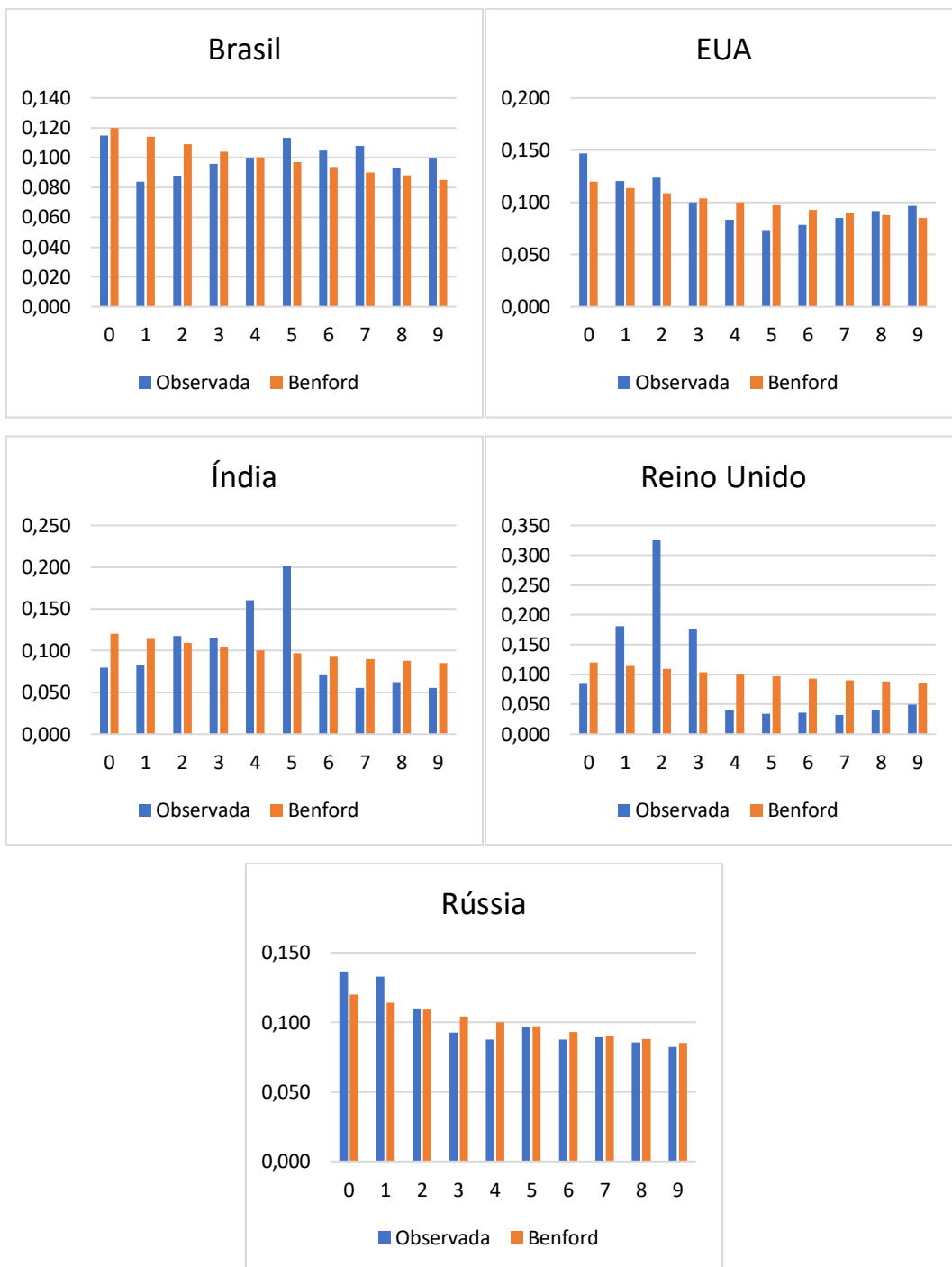
DÍGITO/ PAÍS	BRASIL	EUA	ÍNDIA	REINO UNIDO	RÚSSIA
1	0,10	3,82	6,03	9,80	9,18
2	0,61	1,56	4,50	8,77	2,10
3	2,72	3,92	0,93	2,74	4,44
4	1,35	2,06	10,98	11,56	3,52
5	11,98	11,45	4,15	3,29	2,55

6	1,45	12,07	3,81	2,54	1,59
7	3,44	0,61	2,96	2,65	0,77
8	3,45	4,12	2,93	3,15	0,51
9	2,65	3,35	2,30	3,51	1,51

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Teste do segundo dígito para número de óbitos acumulados

Gráfico 58 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para óbitos acumulados para países selecionados.



Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Seguem os resultados do cálculo da estatística Z com a mesma regra de coloração do tópico anterior.

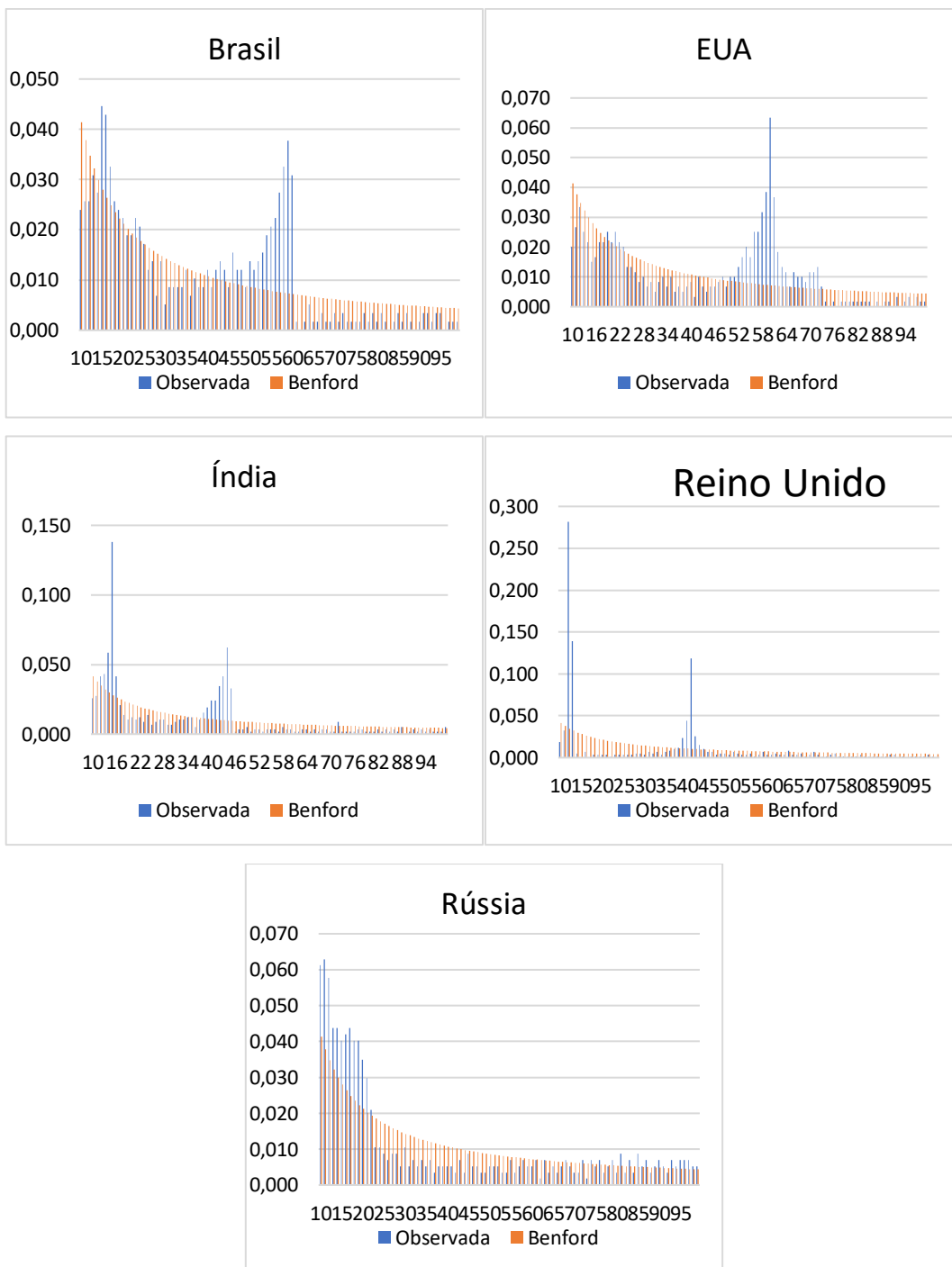
Tabela 20 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste do segundo dígito para número de óbitos.

DÍGITO/ PAÍS	BRASIL	EUA	ÍNDIA	REINO UNIDO	RÚSSIA
0	0,31	1,96	2,95	2,57	1,14
1	2,21	0,41	2,30	5,08	1,35
2	1,60	1,08	0,57	16,80	0,02
3	0,56	0,24	0,84	5,68	0,82
4	0,04	1,28	4,78	4,73	0,93
5	1,25	1,88	8,45	5,11	0,07
6	0,90	1,15	1,78	4,73	0,39
7	1,45	0,34	2,86	4,83	0,07
8	0,32	0,26	2,13	3,98	0,12
9	1,18	0,96	2,50	3,05	0,17

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos acumulados

Gráfico 59 - Comparações entre as frequências observadas e as frequências enunciadas pela Lei de Benford para óbitos acumulados para países selecionados.



Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Os resultados da estatística Z, como seguem, demonstram que existem mais picos que o razoável para atestar conformidade (4 ou 5 picos) para todos os países.

Tabela 21 - Resultados do cálculo da estatística Z para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos.

DÍGITO/ PAÍS	BRASIL	EUA	ÍNDIA	REINO UNIDO	RÚSSIA
10	2,00	2,52	1,77	2,67	2,27
11	1,42	1,31	1,18	0,60	3,04
12	1,08	0,07	0,76	32,59	2,88
13	0,06	0,87	1,37	14,58	1,44
14	0,24	1,07	3,93	3,42	1,81
15	2,30	1,80	15,91	4,00	1,64
16	2,37	1,35	2,13	2,84	2,20
17	1,07	0,36	0,51	3,74	2,77
18	0,22	0,15	1,40	3,09	2,50
19	0,14	0,32	1,81	2,97	2,76
20	0,04	0,09	1,38	2,86	2,14
21	0,08	0,70	1,54	2,76	1,47
22	0,08	0,28	1,12	2,96	0,14
23	0,53	0,13	1,61	2,57	1,26
24	0,37	0,66	0,56	2,48	1,15
25	0,02	0,54	1,73	2,40	1,37
26	0,67	0,75	1,31	2,32	1,61
27	0,24	1,30	0,89	2,25	1,19
28	1,48	0,88	0,79	1,85	1,10
29	0,03	1,47	1,39	1,77	1,71
30	1,68	1,04	1,32	2,05	0,58
31	0,90	1,67	0,89	1,28	1,57
32	0,83	0,89	0,45	1,57	1,14
33	0,75	0,46	0,37	1,15	1,45
34	0,68	1,11	0,11	1,82	1,01
35	0,05	0,31	0,04	1,02	1,33
36	0,93	1,37	1,30	0,58	0,89
37	0,10	0,93	0,08	0,13	1,61

38	0,42	1,26	0,77	0,13	1,17
39	0,36	0,82	1,64	2,77	1,12
40	0,10	0,37	2,93	7,66	1,07
41	0,24	1,51	3,03	25,62	1,02
42	0,22	0,05	5,60	3,47	1,39
43	0,70	0,61	7,40	1,08	0,51
44	0,34	0,98	12,60	0,10	1,31
45	0,03	0,51	5,54	0,48	0,20
46	1,32	0,46	1,69	0,43	0,80
47	0,51	0,20	1,22	1,25	0,76
48	0,56	0,06	1,19	0,78	1,16
49	0,05	0,33	0,71	0,74	1,13
50	1,12	0,15	1,57	1,15	0,64
51	0,72	0,20	1,09	0,21	0,61
52	1,22	1,15	1,05	0,63	0,57
53	1,74	2,11	1,48	1,05	1,00
54	2,73	3,09	0,99	1,02	0,97
55	3,26	2,23	0,96	0,52	0,23
56	3,80	4,63	0,93	1,43	0,91
57	5,31	4,71	1,38	0,93	0,40
58	6,84	6,69	0,39	0,18	0,12
59	8,39	8,70	0,85	0,87	0,33
60	6,53	16,07	0,82	0,85	0,30
61	1,29	8,43	1,29	0,33	0,02
62	1,77	3,12	1,26	0,79	1,25
63	1,25	1,69	0,74	0,77	0,04
64	0,22	1,23	0,71	0,27	0,69
65	1,21	0,01	1,20	0,72	0,15
66	1,19	1,31	0,66	0,69	0,64
67	0,65	0,84	1,16	0,15	0,09
68	1,15	0,88	0,62	1,16	0,20
69	1,13	0,39	0,59	0,62	0,04
70	0,58	1,47	1,10	0,19	0,55

71	1,09	1,50	1,08	0,57	0,52
72	0,53	2,07	0,55	1,09	0,04
73	1,05	0,25	1,04	1,07	1,03
74	1,03	1,07	1,03	0,51	0,09
75	1,02	1,59	1,01	0,21	0,16
76	1,00	1,03	0,99	1,01	0,14
77	0,43	1,56	0,42	1,00	0,40
78	0,96	1,00	0,40	0,98	0,09
79	0,38	0,98	0,94	0,96	0,21
80	0,93	0,97	0,92	0,95	0,33
81	0,35	0,95	0,91	0,36	0,83
82	0,90	0,93	0,32	0,91	0,30
83	1,46	0,92	0,88	0,90	0,31
84	0,87	0,90	0,28	0,88	0,26
85	0,27	0,89	0,84	0,87	0,94
86	0,84	1,45	0,24	0,85	0,08
87	0,23	0,86	0,81	0,84	0,39
88	0,81	1,43	0,09	0,23	0,18
89	1,39	0,83	1,38	0,22	0,14
90	0,78	0,81	0,77	1,39	0,46
91	0,16	1,39	0,15	0,78	0,17
92	0,14	0,19	0,74	1,37	0,11
93	0,74	1,37	0,12	0,75	0,52
94	0,11	0,76	0,72	0,74	0,23
95	0,09	0,14	0,08	0,72	0,56
96	1,31	1,34	0,69	0,71	0,58
97	0,68	0,10	0,68	0,08	0,60
98	0,67	0,70	0,66	0,68	0,30
99	0,66	0,69	0,30	1,30	0,00

Fonte: Monitoramento da Universidade John Hopkins. Elaboração própria.

Unindo as conclusões apresentadas pelos três testes, o que segue pode ser considerado:

- Brasil: excesso do dígito 5 e escassez dos demais no teste do primeiro dígito, com exceção de 1, 2, 4 e 6 que estão em conformidade de acordo com o teste Z. Faltam aparições do número 1 na posição de segundo dígito para que a frequência observada seja compatível com a frequência esperada, ainda que a conformidade com a lei seja verificada. Já, no teste dos dois primeiros dígitos, os maiores picos se dão nos números 59 e 58.
- Estados Unidos da América: excesso dos números iniciados com 1, com 5 e com 6 e escassez de dígitos maiores (8 e 9) na primeira posição. Já na segunda posição, há excesso do dígito 0, ainda que a conformidade com a lei seja verificada. No teste dos dois primeiros dígitos, há um pico de aparições de números intermediários.
- Índia: excesso dos dígitos 1 e 4 na primeira posição e, como segundo dígito, os números 4 e 5 aparecem em demasia. Dessa forma, os picos aparentes no gráfico do teste dos dois primeiros dígitos se dão nos números 15 e 44.
- Reino Unido: se assemelha à interpretação indiana, dado o excesso dos dígitos 1 e 4 e a escassez de todos os demais como primeiros dígitos. Já os números 1, 2 e 3 são os que aparecem em demasia na segunda posição.
- Rússia: há um excesso expressivo do dígito 1. Todos os segundos dígitos estão em conformidade de acordo com a estatística Z.

CONCLUSÃO

Foram executados testes de primeira ordem para diferentes amostras de dados. Os primeiros testes se encarregaram de averiguar a conformidade temporal dos dados de contaminações e de óbitos brasileiros causados pela COVID-19 com a Lei de Benford. A avaliação feita por meio do resultado das estatísticas Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos apontou para alguns meses em específico que merecem uma análise mais minuciosa, dado a grande disparidade da frequência observada dos dígitos nesses momentos e a frequência prevista pela Lei de Benford.

Os meses foram julho a dezembro de 2020 e março a outubro de 2021.

Ressalta-se que o descolamento visualizado nos últimos meses da amostra das linhas de referência de conformidade atesta que, com o controle da pandemia (por conta da vacinação e do aprendizado da população das formas de cuidado), a desconformidade com a Lei de Benford passa a ser visualizada. Esse diagnóstico é um indicativo do possível uso da Lei de Benford para verificação do sucesso de intervenções públicas para controle de epidemias.

O evento político mais relevantes que coincide com essas datas ressaltadas é a instalação da CPI da COVID-19 no final de abril de 2021.

Também foi executado o cálculo dos testes de conformidade para casos diários, o que indicou para uma análise mais aprofundada junho, julho e agosto de 2020, março, abril, maio, junho, julho e agosto de 2021 para número de casos e, para número de óbitos, agosto a dezembro de 2020 e abril a outubro de 2021.

Em adição, os dados diários estaduais foram divididos em fases de crescimento, estabilidade e decrescimento para averiguação de possível maior conformidade de alguma das fases, contudo, essa conclusão não foi possível.

Outra avaliação executada diz respeito às regiões do país. Para esse caso, em razão do tamanho da amostra, o resultado do teste Média dos Desvios Absolutos foi priorizado. Para o número de contaminações acumuladas, para todos os testes, não há desconformidade da Lei de Benford em nenhuma região. Já para número de óbitos, o teste dos dois primeiros dígitos indica não conformidade para as cinco repartições do país (com escassez de dígitos maiores e excesso de dígitos menores).

Alguns estados (Alagoas, Ceará, Piauí, São Paulo e Sergipe), que adotaram medidas de aberturas progressivas de acordo com número de casos e de mortes, também foram avaliados. Todos apresentaram, em diferentes graus, conformidade

com a Lei de Benford para números de casos acumulados. No tocante aos dados de óbitos, entretanto, Minas Gerais e Piauí registraram não conformidade.

Por fim, uma análise foi executada para comparar a conformidade esperada pela Lei de Benford com a observada em dados do Brasil, dos Estados Unidos da América, da Índia, do Reino Unido e da Rússia.

Nenhum país possui conformidade com a Lei de Benford para o teste do primeiro dígito. Apenas Rússia apresentou consonância com a frequência de Benford para o teste do segundo dígito e, para o teste dos dois primeiros dígitos, nenhum país apresentou uma estatística Qui-Quadrado abaixo do valor crítico. Essas informações apresentadas dizem respeito aos dados de números de casos. Para número de óbitos, a mesma configuração é visualizada para o teste do primeiro dígito. No do segundo dígito, além de Brasil e Rússia, Estados Unidos da América também está em conformidade. E no teste dos dois primeiros dígitos nenhum país apresenta compatibilidade com a frequência prevista pela Lei de Benford.

Dessa forma, o presente trabalho indica momentos e lugares dignos de uma avaliação mais criteriosa com relação à manipulação de dados de casos e de óbitos acumulados referentes à conjuntura instaurada devido à pandemia de COVID-19.

ANEXO 1: SEMANAS EPIDEMIOLÓGICAS

Tabela 22 - Tabela com correspondências entre semanas epidemiológicas, datas e meses.

Semanas Epidemiológicas	Intervalo de dias	Meses Correspondentes
9/2020 até 14/2020	23/02/2020 a 04/04/2020	Fevereiro, Março e Abril
10/2020 até 15/2020	01/03/2020 a 11/04/2020	Março e Abril
11/2020 até 16/2020	08/03/2020 a 18/04/2020	Março e Abril
12/2020 até 17/2020	15/03/2020 a 25/04/2020	Março e Abril
13/2020 até 18/2020	22/03/2020 a 02/05/2020	Março, Abril e Maio
14/2020 até 19/2020	29/03/2020 a 09/05/2020	Março, Abril e Maio
15/2020 até 20/2020	05/04/2020 a 16/05/2020	Abril e Maio
16/2020 até 21/2020	12/04/2020 a 23/05/2020	Abril e Maio
17/2020 até 22/2020	19/04/2020 a 30/05/2020	Abril e Maio
18/2020 até 23/2020	26/04/2020 a 06/06/2020	Abril, Maio e Junho
19/2020 até 24/2020	03/05/2020 a 13/06/2020	Maio e Junho
20/2020 até 25/2020	10/05/2020 a 20/06/2020	Maio e Junho
21/2020 até 26/2020	17/05/2020 a 27/06/2020	Maio e Junho
22/2020 até 27/2020	24/05/2020 a 04/07/2020	Maio, Junho e Julho
23/2020 até 28/2020	31/05/2020 a 11/07/2020	Maio, Junho e Julho
24/2020 até 29/2020	07/06/2020 a 18/07/2020	Junho e Julho
25/2020 até 30/2020	14/06/2020 a 25/07/2020	Junho e Julho
26/2020 até 31/2020	21/06/2020 a 01/08/2020	Junho, Julho e Agosto
27/2020 até 32/2020	28/06/2020 a 08/08/2020	Junho, Julho e Agosto
28/2020 até 33/2020	05/07/2020 a 15/08/2020	Julho e Agosto
29/2020 até 34/2020	12/07/2020 a 22/08/2020	Julho e Agosto
30/2020 até 35/2020	19/07/2020 a 29/08/2020	Julho e Agosto
31/2020 até 36/2020	26/07/2020 a 05/09/2020	Julho, Agosto e Setembro
32/2020 até 37/2020	02/08/2020 a 12/09/2020	Agosto e Setembro
33/2020 até 38/2020	09/08/2020 a 19/09/2020	Agosto e Setembro
34/2020 até 39/2020	16/08/2020 a 26/09/2020	Agosto e Setembro
35/2020 até 40/2020	23/08/2020 a 03/10/2020	Agosto, Setembro e Outubro
36/2020 até 41/2020	30/08/2020 a 10/10/2020	Agosto, Setembro e Outubro

37/2020 até 42/2020	06/09/2020 a 17/10/2020	Setembro e Outubro
38/2020 até 43/2020	13/09/2020 a 24/10/2020	Setembro e Outubro
39/2020 até 44/2020	20/09/2020 a 31/10/2020	Setembro e Outubro
40/2020 até 45/2020	27/09/2020 a 07/11/2020	Setembro, Outubro e Novembro
41/2020 até 46/2020	04/10/2020 a 14/11/2020	Outubro e Novembro
42/2020 até 47/2020	11/10/2020 a 21/11/2020	Outubro e Novembro
43/2020 até 48/2020	18/10/2020 a 28/11/2020	Outubro e Novembro
44/2020 até 49/2020	25/10/2020 a 05/12/2020	Outubro, Novembro e Dezembro
45/2020 até 50/2020	01/11/2020 a 12/12/2020	Novembro e Dezembro
46/2020 até 51/2020	08/11/2020 a 19/12/2020	Novembro e Dezembro
47/2020 até 52/2020	15/11/2020 a 26/12/2020	Novembro e Dezembro
48/2020 até 53/2020	22/11/2020 a 02/01/2021	Novembro, Dezembro e Janeiro
49/2020 até 1/2021	29/11/2020 a 09/01/2021	Novembro, Dezembro e Janeiro
50/2020 até 2/2021	06/12/2020 a 16/01/2021	Dezembro e Janeiro
51/2020 até 3/2021	13/12/2020 a 23/01/2021	Dezembro e Janeiro
52/2020 até 4/2021	20/12/2020 a 30/01/2021	Dezembro e Janeiro
53/2020 até 5/2021	27/12/2020 a 06/02/2021	Dezembro, Janeiro e Fevereiro
1/2021 até 6/2021	03/01/2021 a 13/02/2021	Janeiro e Fevereiro
2/2021 até 7/2021	10/01/2021 a 20/02/2021	Janeiro e Fevereiro
3/2021 até 8/2021	17/01/2021 a 27/02/2021	Janeiro e Fevereiro
4/2021 até 9/2021	24/01/2021 a 06/03/2021	Janeiro, Fevereiro e Março
5/2021 até 10/2021	31/01/2021 a 13/03/2021	Janeiro, Fevereiro e Março
6/2021 até 11/2021	07/02/2021 a 20/03/2021	Fevereiro e Março
7/2021 até 12/2021	14/02/2021 a 27/03/2021	Fevereiro e Março
8/2021 até 13/2021	21/02/2021 a 03/04/2021	Fevereiro, Março e Abril
9/2021 até 14/2021	28/02/2021 a 10/04/2021	Fevereiro, Março e Abril
10/2021 até 15/2021	07/03/2021 a 17/04/2021	Março e Abril
11/2021 até 16/2021	14/03/2021 a 24/04/2021	Março e Abril
12/2021 até 17/2021	21/03/2021 a 01/05/2021	Março, Abril e Maio
13/2021 até 18/2021	28/03/2021 a 08/05/2021	Março, Abril e Maio
14/2021 até 19/2021	04/04/2021 a 15/05/2021	Abril e Maio
15/2021 até 20/2021	11/04/2021 a 22/05/2021	Abril e Maio
16/2021 até 21/2021	18/04/2021 a 29/05/2021	Abril e Maio

17/2021 até 22/2021	25/04/2021 a 05/06/2021	Abril, Maio e Junho
18/2021 até 23/2021	02/05/2021 a 12/06/2021	Maio e Junho
19/2021 até 24/2021	09/05/2021 a 19/06/2021	Maio e Junho
20/2021 até 25/2021	16/05/2021 a 26/06/2021	Maio e Junho
21/2021 até 26/2021	23/05/2021 a 03/07/2021	Maio, Junho e Julho
22/2021 até 27/2021	30/05/2021 a 10/07/2021	Maio, Junho e Julho
23/2021 até 28/2021	06/06/2021 a 17/07/2021	Junho e Julho
24/2021 até 29/2021	13/06/2021 a 24/07/2021	Junho e Julho
25/2021 até 30/2021	20/06/2021 a 31/07/2021	Junho e Julho
26/2021 até 31/2021	27/06/2021 a 07/08/2021	Junho, Julho e Agosto
27/2021 até 32/2021	04/07/2021 a 14/08/2021	Julho e Agosto
28/2021 até 33/2021	11/07/2021 a 21/08/2021	Julho e Agosto
29/2021 até 34/2021	18/07/2021 a 28/08/2021	Julho e Agosto
30/2021 até 35/2021	25/07/2021 a 04/09/2021	Julho, Agosto e Setembro
31/2021 até 36/2021	01/08/2021 a 11/09/2021	Agosto e Setembro
32/2021 até 37/2021	08/08/2021 a 18/09/2021	Agosto e Setembro
33/2021 até 38/2021	15/08/2021 a 25/09/2021	Agosto e Setembro
34/2021 até 39/2021	22/08/2021 a 02/10/2021	Agosto, Setembro e Outubro
35/2021 até 40/2021	29/08/2021 a 09/10/2021	Agosto, Setembro e Outubro
36/2021 até 41/2021	05/09/2021 a 16/10/2021	Setembro e Outubro
37/2021 até 42/2021	12/09/2021 a 23/10/2021	Setembro e Outubro

Fonte: Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN.

ANEXO 2: TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE TEMPORAL COM FRAGMENTAÇÃO EM 6 SEMANAS

O objetivo deste capítulo é investigar a existência de períodos mais congruentes ou não com a Lei de Benford. Para tanto, são executados os testes do primeiro dígito, do segundo dígito e dos dois primeiros dígitos e, posteriormente, realiza-se os testes estatísticos Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos para verificação da distribuição de números de casos e de óbitos causados por COVID-19 no Brasil e sua correspondência com a distribuição de Benford.

Para análise da evolução temporal da conformidade, os dados de contaminações e de mortes acumulados até a data de 23/10/2021 foram fragmentados em seis semanas epidemiológicas, o que é equivalente a 42 dias. A sequencialidade dos testes se dá em intervalos intercalados, a serem iniciados pelo período da nona semana epidemiológica de 2020 (quando o primeiro caso de COVID-19 foi notificado) até a décima quarta semana de 2020, em seguida, da décima semana de 2020 até a décima quinta semana de 2020 e assim sucessivamente.

Foram executados testes para 39 amostras com dados apenas de 2020, 6 amostras com dados de 2020 e 2021 e 37 amostras com dados de apenas 2021, totalizando 82 segmentos de dados. Todas as segmentações de dados possuem 1134 informações, com exceção da primeira, que possui 1080 elementos, pois a contagem de casos e de mortes foi iniciada no terceiro dia da nona semana epidemiológica de 2020 quando a primeira contaminação por COVID-19 foi detectada.

As amostras foram construídas com a adição de dados referentes às 27 unidades federativas, ou seja, uma tabela foi confeccionada com a conjugação das informações de cada estado e o Distrito Federal (27) em seis semanas (42 dias), resultando em 1134 números a serem analisados a cada amostra.

Teste do Primeiro Dígito

O teste do primeiro dígito compara as frequências encontradas para os dígitos de 1 a 9 na posição de primeiro dígito e as frequências esperadas de Benford. Esse teste foi realizado para os 82 segmentos de dados. Após serem encontradas as distribuições dos dígitos de 1 a 9 nas amostras de casos e de óbitos no Brasil, os testes Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos foram executados e os resultados são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 23 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Períodos	Número de casos										Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos dígitos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
23/02/2020 a 04/04/2020	0,368	0,210	0,112	0,077	0,047	0,068	0,043	0,047	0,028	30,862	0,023	
01/03/2020 a 11/04/2020	0,330	0,197	0,115	0,098	0,061	0,078	0,045	0,050	0,027	18,214	0,014	
08/03/2020 a 18/04/2020	0,319	0,178	0,119	0,098	0,057	0,075	0,058	0,059	0,035	11,652	0,009	
15/03/2020 a 25/04/2020	0,324	0,176	0,121	0,099	0,058	0,068	0,055	0,058	0,041	10,087	0,008	
22/03/2020 a 02/05/2020	0,312	0,183	0,116	0,100	0,063	0,069	0,056	0,063	0,039	9,396	0,007	
29/03/2020 a 09/05/2020	0,316	0,177	0,126	0,102	0,058	0,064	0,055	0,061	0,041	10,589	0,007	
05/04/2020 a 16/05/2020	0,329	0,172	0,126	0,100	0,063	0,062	0,052	0,058	0,039	10,590	0,009	
12/04/2020 a 23/05/2020	0,325	0,189	0,130	0,093	0,063	0,058	0,049	0,055	0,040	11,448	0,010	
19/04/2020 a 30/05/2020	0,303	0,194	0,146	0,094	0,066	0,064	0,041	0,056	0,035	18,073	0,010	
26/04/2020 a 06/06/2020	0,291	0,170	0,146	0,105	0,079	0,071	0,047	0,053	0,038	9,649	0,008	
03/05/2020 a 13/06/2020	0,293	0,158	0,135	0,104	0,085	0,076	0,055	0,051	0,044	5,941	0,007	
10/05/2020 a 20/06/2020	0,290	0,154	0,127	0,101	0,084	0,086	0,062	0,053	0,042	11,133	0,008	
17/05/2020 a 27/06/2020	0,280	0,158	0,122	0,098	0,085	0,089	0,063	0,054	0,052	14,325	0,010	
24/05/2020 a 04/07/2020	0,293	0,163	0,116	0,092	0,081	0,081	0,070	0,055	0,050	9,316	0,008	
31/05/2020 a 11/07/2020	0,308	0,161	0,123	0,083	0,083	0,080	0,066	0,044	0,051	10,095	0,008	
07/06/2020 a 18/07/2020	0,301	0,168	0,134	0,090	0,065	0,078	0,072	0,049	0,043	10,651	0,008	
14/06/2020 a 25/07/2020	0,300	0,154	0,143	0,108	0,068	0,066	0,065	0,050	0,046	10,058	0,008	
21/06/2020 a 01/08/2020	0,289	0,145	0,145	0,109	0,086	0,064	0,063	0,049	0,049	13,849	0,011	
28/06/2020 a 08/08/2020	0,290	0,125	0,142	0,104	0,096	0,071	0,067	0,063	0,041	30,248	0,015	
05/07/2020 a 15/08/2020	0,306	0,086	0,149	0,096	0,089	0,089	0,061	0,062	0,062	75,557	0,020	

Tabela 24 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Períodos	Número de casos										Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos dígitos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
12/07/2020 a 22/08/2020	0,336	0,084	0,114	0,105	0,086	0,084	0,073	0,057	0,061	77,683	0,023	
19/07/2020 a 29/08/2020	0,359	0,097	0,085	0,097	0,091	0,077	0,082	0,056	0,057	86,108	0,027	
26/07/2020 a 05/09/2020	0,373	0,122	0,069	0,082	0,086	0,075	0,086	0,056	0,051	88,626	0,028	
02/08/2020 a 12/09/2020	0,388	0,145	0,052	0,080	0,078	0,070	0,079	0,063	0,045	99,022	0,027	
09/08/2020 a 19/09/2020	0,396	0,171	0,036	0,087	0,059	0,076	0,075	0,056	0,044	120,014	0,049	
16/08/2020 a 26/09/2020	0,397	0,202	0,014	0,093	0,052	0,076	0,076	0,056	0,034	173,120	0,034	
23/08/2020 a 03/10/2020	0,380	0,225	0,011	0,085	0,048	0,086	0,068	0,061	0,038	185,123	0,038	
30/08/2020 a 10/10/2020	0,368	0,240	0,023	0,066	0,046	0,091	0,065	0,060	0,041	177,410	0,037	
06/09/2020 a 17/10/2020	0,360	0,254	0,035	0,056	0,038	0,091	0,071	0,061	0,035	187,213	0,041	
13/09/2020 a 24/10/2020	0,345	0,269	0,050	0,043	0,034	0,087	0,085	0,054	0,034	201,994	0,041	
20/09/2020 a 31/10/2020	0,331	0,272	0,074	0,031	0,043	0,065	0,093	0,056	0,034	183,898	0,037	
27/09/2020 a 07/11/2020	0,318	0,274	0,096	0,019	0,056	0,041	0,100	0,069	0,028	211,360	0,039	
04/10/2020 a 14/11/2020	0,312	0,275	0,113	0,011	0,062	0,022	0,101	0,081	0,023	261,068	0,041	
11/10/2020 a 21/11/2020	0,303	0,271	0,130	0,004	0,062	0,019	0,093	0,091	0,028	268,780	0,039	
18/10/2020 a 28/11/2020	0,297	0,254	0,149	0,004	0,060	0,019	0,081	0,094	0,042	244,177	0,037	
25/10/2020 a 05/12/2020	0,301	0,227	0,165	0,016	0,051	0,023	0,061	0,096	0,061	202,777	0,034	
01/11/2020 a 12/12/2020	0,303	0,207	0,174	0,033	0,039	0,035	0,046	0,093	0,071	172,721	0,033	
08/11/2020 a 19/12/2020	0,314	0,191	0,177	0,055	0,026	0,048	0,034	0,086	0,069	146,268	0,031	
15/11/2020 a 26/12/2020	0,325	0,174	0,171	0,087	0,020	0,058	0,021	0,076	0,067	124,575	0,026	
22/11/2020 a 02/01/2021	0,329	0,168	0,154	0,124	0,020	0,064	0,009	0,063	0,068	131,566	0,026	

Tabela 25 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Número de casos											
Períodos	Frequência dos dígitos									Qui-Quadrado	MDA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	0,301	0,176	0,125	0,097	0,079	0,067	0,058	0,051	0,046		
29/11/2020 a 09/01/2021	0,331	0,172	0,136	0,150	0,028	0,069	0,002	0,049	0,064	144,579	0,025
06/12/2020 a 16/01/2021	0,332	0,178	0,123	0,160	0,041	0,067	0,011	0,035	0,051	118,346	0,023
13/12/2020 a 23/01/2021	0,332	0,189	0,109	0,154	0,067	0,061	0,024	0,023	0,041	88,788	0,022
20/12/2020 a 30/01/2021	0,325	0,198	0,100	0,138	0,098	0,051	0,040	0,011	0,039	84,928	0,024
27/12/2020 a 06/02/2021	0,320	0,208	0,101	0,110	0,124	0,041	0,058	0,003	0,034	111,761	0,024
03/01/2021 a 13/02/2021	0,319	0,209	0,114	0,073	0,146	0,038	0,074	0,003	0,025	162,072	0,030
10/01/2021 a 20/02/2021	0,317	0,207	0,124	0,048	0,152	0,044	0,078	0,015	0,014	182,621	0,031
17/01/2021 a 27/02/2021	0,308	0,211	0,131	0,032	0,147	0,062	0,071	0,032	0,008	172,416	0,028
24/01/2021 a 06/03/2021	0,300	0,204	0,141	0,031	0,133	0,077	0,063	0,048	0,004	145,448	0,025
31/01/2021 a 13/03/2021	0,289	0,191	0,153	0,037	0,106	0,085	0,070	0,060	0,009	105,543	0,024
07/02/2021 a 20/03/2021	0,278	0,183	0,164	0,045	0,075	0,095	0,076	0,070	0,015	99,167	0,025
14/02/2021 a 27/03/2021	0,268	0,180	0,166	0,056	0,053	0,098	0,076	0,082	0,021	107,231	0,028
21/02/2021 a 03/04/2021	0,256	0,176	0,173	0,065	0,039	0,092	0,076	0,094	0,029	128,854	0,030
28/02/2021 a 10/04/2021	0,246	0,177	0,177	0,071	0,035	0,073	0,080	0,102	0,038	142,222	0,030
07/03/2021 a 17/04/2021	0,236	0,190	0,173	0,072	0,034	0,060	0,082	0,106	0,047	152,344	0,031
14/03/2021 a 24/04/2021	0,224	0,208	0,167	0,072	0,037	0,056	0,071	0,106	0,059	153,927	0,034
21/03/2021 a 01/05/2021	0,207	0,228	0,157	0,076	0,043	0,049	0,059	0,107	0,073	176,201	0,037
28/03/2021 a 08/05/2021	0,191	0,245	0,150	0,083	0,044	0,041	0,057	0,095	0,093	209,641	0,041
04/04/2021 a 15/05/2021	0,188	0,251	0,150	0,089	0,044	0,031	0,065	0,075	0,107	235,392	0,043
11/04/2021 a 22/05/2021	0,195	0,253	0,152	0,092	0,046	0,025	0,065	0,063	0,110	239,285	0,042
18/04/2021 a 29/05/2021	0,206	0,250	0,152	0,098	0,044	0,020	0,065	0,056	0,109	229,930	0,039
25/04/2021 a 05/06/2021	0,225	0,243	0,146	0,110	0,044	0,020	0,053	0,062	0,097	178,152	0,036
02/05/2021 a 12/06/2021	0,245	0,228	0,152	0,114	0,049	0,020	0,041	0,068	0,083	134,558	0,033
09/05/2021 a 19/06/2021	0,268	0,211	0,163	0,109	0,060	0,022	0,026	0,077	0,063	107,959	0,029

Tabela 26 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de casos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Número de casos											
Períodos	Frequência dos dígitos									Qui-Quadrado	MDA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	0,301	0,176	0,125	0,097	0,079	0,067	0,058	0,051	0,046		
16/05/2021 a 26/06/2021	0,284	0,201	0,165	0,105	0,072	0,028	0,012	0,085	0,048	112,424	0,024
23/05/2021 a 03/07/2021	0,290	0,189	0,164	0,110	0,080	0,034	0,006	0,085	0,041	113,581	0,022
30/05/2021 a 10/07/2021	0,290	0,178	0,167	0,116	0,090	0,037	0,000	0,084	0,038	128,807	0,024
06/06/2021 a 17/07/2021	0,284	0,167	0,178	0,116	0,102	0,033	0,004	0,071	0,044	124,972	0,026
13/06/2021 a 24/07/2021	0,285	0,159	0,183	0,122	0,109	0,026	0,011	0,061	0,045	127,257	0,027
20/06/2021 a 31/07/2021	0,285	0,153	0,176	0,138	0,111	0,020	0,017	0,055	0,045	133,875	0,029
27/06/2021 a 07/08/2021	0,285	0,150	0,168	0,155	0,111	0,014	0,023	0,049	0,045	148,448	0,030
04/07/2021 a 14/08/2021	0,280	0,154	0,163	0,164	0,113	0,009	0,029	0,042	0,045	162,126	0,031
11/07/2021 a 21/08/2021	0,279	0,159	0,160	0,164	0,113	0,009	0,035	0,037	0,044	156,033	0,030
18/07/2021 a 28/08/2021	0,279	0,165	0,154	0,164	0,113	0,013	0,033	0,041	0,038	144,623	0,029
25/07/2021 a 04/09/2021	0,273	0,171	0,148	0,164	0,113	0,019	0,026	0,048	0,037	136,917	0,028
01/08/2021 a 11/09/2021	0,267	0,177	0,148	0,158	0,113	0,026	0,020	0,054	0,037	127,949	0,027
08/08/2021 a 18/09/2021	0,261	0,183	0,148	0,152	0,113	0,032	0,014	0,060	0,037	125,124	0,028
15/08/2021 a 25/09/2021	0,259	0,185	0,148	0,148	0,111	0,037	0,008	0,066	0,037	128,629	0,029
22/08/2021 a 02/10/2021	0,259	0,185	0,148	0,148	0,111	0,037	0,002	0,072	0,037	146,461	0,030
29/08/2021 a 09/10/2021	0,259	0,185	0,148	0,144	0,116	0,037	0,000	0,074	0,037	151,438	0,031
05/09/2021 a 16/10/2021	0,259	0,185	0,148	0,138	0,122	0,037	0,000	0,074	0,037	152,157	0,031
12/09/2021 a 23/10/2021	0,259	0,185	0,148	0,131	0,124	0,041	0,000	0,074	0,037	146,723	0,030

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

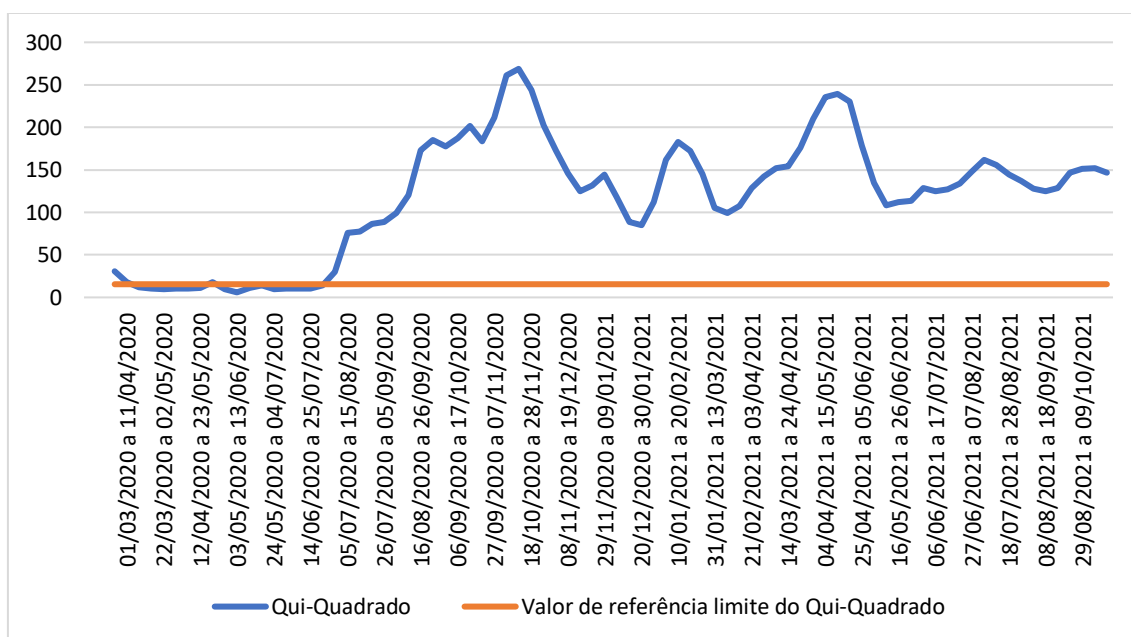
Estão em destaque (pintados de cinza), na coluna “Qui-Quadrado”, os valores abaixo do valor crítico de 15,507 para 8 graus de liberdade e para 5% de significância. Esses números não rejeitam a hipótese nula de que haveria conformidade com a Lei de Benford, mas todos os demais sim. Vale ressaltar ainda que quanto maior o Qui-Quadrado calculado, maior o distanciamento da distribuição visualizada da distribuição de Benford (NIGRINI, 2012). Atrai atenção, portanto, o período compreendido entre a semana epidemiológica 42 de 2020 e a semana epidemiológica 47 de 2020 (11/10/2020 a 21/11/2020), cujo resultado do teste Qui-Quadrado é de 268,780, um valor muito distante do referencial crítico de 15,507.

Já na coluna “MDA”, com os resultados calculados por meio da Média dos Desvios Absolutos, estão em destaque os valores em que a conformidade é aceitável, de acordo com a referência de Drake e Nigrini (2000).

A conformidade com a Lei de Benford para o número de casos, de acordo com os valores calculados para o Qui-Quadrado, possui quatro picos como pode ser visualizado no gráfico abaixo. O primeiro pico tem seu máximo no período compreendido entre outubro e novembro de 2020, o segundo pico, entre janeiro e

fevereiro de 2021, o terceiro tem seu máximo compreendido entre abril e maio de 2021 e, por fim, o quarto, entre julho e agosto de 2021. Recordar-se que quanto maior o valor do teste Qui-Quadrado, maior a indicação de distanciamento da distribuição de Benford.

Gráfico 60 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

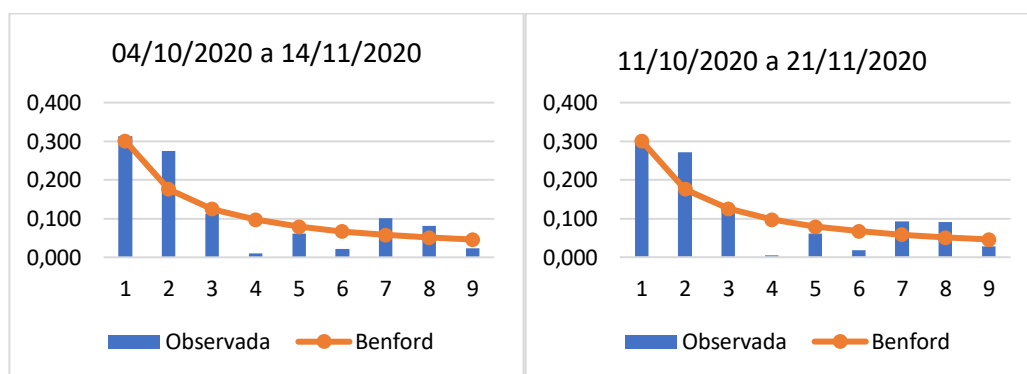
Os dois meses de 2020 em que a conformidade com a Lei de Benford para o número de casos não é verificada e em que o valor calculado do Qui-Quadrado mais se distancia do valor crítico são outubro e novembro. Já em 2021, os meses em que há o maior registro para o Qui-Quadrado calculado e, conseqüentemente, o maior distanciamento da Lei de Benford são abril e maio. Para esses meses, uma análise mais minuciosa se justifica.

Avaliando com maior rigor outubro e novembro de 2020, é possível visualizar no gráfico abaixo, para o período de 04/10/2020 a 14/11/2020, que existe uma congruência entre a frequência observada e a frequência de Benford no teste do primeiro dígito para os dígitos 1 e 3. Contudo, percebe-se a existência de mais registros do que o esperado para os dígitos 2, 7 e 8. Já, para os dígitos 4, 5, 6 e 9, a distribuição de Benford prevê maior recorrência do que o observado.

No referente ao período de 11/10/2020 a 21/11/2020, citado anteriormente por ter o maior Qui-Quadrado calculado de todas as amostras de 2020 para número de casos, percebe-se comportamento similar à análise anterior.

A estatística Z para ambos os períodos registra o maior valor para o dígito 4 (9,783 e 10,485), superior ao valor de corte do teste (1,96), e indica que o distanciamento do dígito 2 da frequência de Benford é maior que o distanciamento dos dígitos 7 e 8.

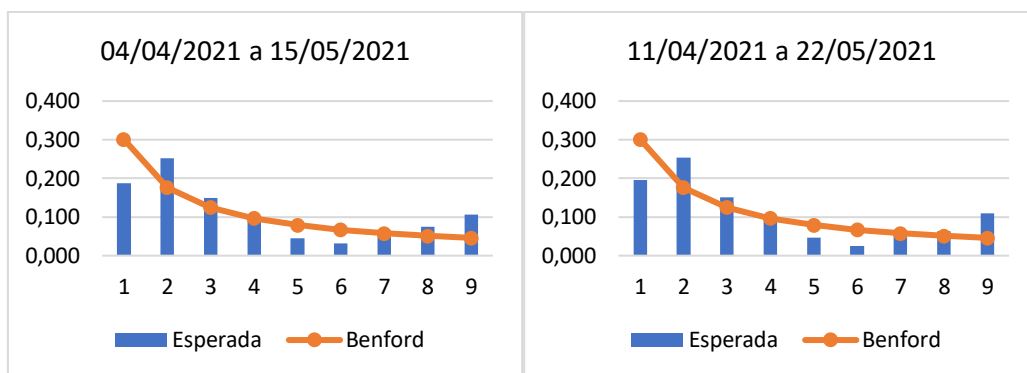
Gráfico 61 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de casos para os períodos 04/10/2020 a 14/11/2020 e 11/10/2020 a 21/11/2020.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já examinando os meses que merecem destaque de 2021, observa-se o que segue nos gráficos: excesso dos dígitos 2, 3 e 9 (esse último apontado como o mais distante da frequência de Benford pela estatística Z), conformidade dos dígitos 4, 7 e 8 e escassez dos dígitos 1, 5 e 6.

Gráfico 62 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de casos para os períodos 04/04/2021 a 15/05/2021 e 11/04/2021 a 22/05/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Estão em evidência também (pintados de cinza) nas próximas tabelas, com dados de números de óbitos, na coluna “Qui-Quadrado”, os valores abaixo do valor crítico de 15,507 para 8 graus de liberdade e para 5% de significância. Esses números não rejeitam a hipótese nula de que haveria conformidade com a Lei de Benford, mas todos os demais sim.

Já na coluna “MDA”, com os resultados calculados por meio da Média dos Desvios Absolutos, estão em destaque, em cinza mais escuro, os valores em que a conformidade é apenas aceitável, de acordo com a referência de Drake e Nigrini (2000). Em cinza mais claro, os valores para qual a conformidade é aproximada.

Impressiona a distância entre o valor Qui-Quadrado do segmento da semana epidemiológica 34 de 2021 até a semana epidemiológica 39 de 2021 (488,645) e o valor crítico de 15,507. É possível, no anexo, checar a correspondência das datas com os intervalos das semanas epidemiológicas.

Tabela 27 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de óbitos									Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos dígitos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
23/02/2020 a 04/04/2020	0,418	0,176	0,099	0,121	0,077	0,049	0,022	0,016	0,022	21,733	0,031
01/03/2020 a 11/04/2020	0,381	0,191	0,094	0,113	0,069	0,055	0,050	0,019	0,028	23,361	0,025
08/03/2020 a 18/04/2020	0,345	0,201	0,128	0,108	0,073	0,044	0,046	0,026	0,031	21,823	0,018
15/03/2020 a 25/04/2020	0,311	0,204	0,137	0,114	0,083	0,050	0,046	0,030	0,026	24,488	0,016
22/03/2020 a 02/05/2020	0,291	0,198	0,131	0,117	0,088	0,054	0,050	0,036	0,035	17,443	0,013
29/03/2020 a 09/05/2020	0,288	0,184	0,138	0,104	0,083	0,059	0,054	0,041	0,048	6,706	0,008
05/04/2020 a 16/05/2020	0,297	0,178	0,129	0,108	0,083	0,061	0,054	0,041	0,048	4,908	0,005
12/04/2020 a 23/05/2020	0,300	0,167	0,135	0,096	0,082	0,063	0,055	0,050	0,052	3,106	0,004
19/04/2020 a 30/05/2020	0,320	0,172	0,112	0,094	0,080	0,068	0,054	0,048	0,052	4,629	0,006
26/04/2020 a 06/06/2020	0,332	0,180	0,110	0,079	0,068	0,066	0,058	0,050	0,056	13,484	0,010
03/05/2020 a 13/06/2020	0,339	0,200	0,118	0,074	0,056	0,063	0,053	0,043	0,054	27,118	0,015
10/05/2020 a 20/06/2020	0,321	0,216	0,129	0,093	0,057	0,057	0,050	0,040	0,036	26,853	0,014
17/05/2020 a 27/06/2020	0,279	0,209	0,138	0,110	0,071	0,053	0,049	0,049	0,042	18,890	0,013
24/05/2020 a 04/07/2020	0,262	0,206	0,133	0,122	0,082	0,066	0,049	0,038	0,041	25,336	0,015
31/05/2020 a 11/07/2020	0,247	0,188	0,136	0,123	0,087	0,068	0,054	0,054	0,044	22,240	0,013
07/06/2020 a 18/07/2020	0,272	0,171	0,119	0,131	0,098	0,069	0,045	0,047	0,049	26,610	0,013
14/06/2020 a 25/07/2020	0,301	0,154	0,107	0,127	0,106	0,068	0,051	0,049	0,038	29,583	0,013
21/06/2020 a 01/08/2020	0,340	0,144	0,093	0,105	0,115	0,066	0,049	0,048	0,041	42,724	0,018
28/06/2020 a 08/08/2020	0,369	0,155	0,099	0,078	0,111	0,067	0,050	0,038	0,034	54,272	0,022
05/07/2020 a 15/08/2020	0,366	0,183	0,101	0,071	0,116	0,050	0,043	0,041	0,029	67,963	0,024

Tabela 28 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de óbitos									Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos dígitos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
12/07/2020 a 22/08/2020	0,352	0,213	0,105	0,068	0,121	0,055	0,041	0,026	0,020	95,197	0,029
19/07/2020 a 29/08/2020	0,310	0,228	0,128	0,057	0,119	0,067	0,047	0,033	0,011	100,435	0,023
26/07/2020 a 05/09/2020	0,271	0,227	0,157	0,045	0,124	0,080	0,045	0,037	0,014	126,086	0,031
02/08/2020 a 12/09/2020	0,234	0,232	0,175	0,041	0,117	0,099	0,051	0,037	0,014	166,020	0,039
09/08/2020 a 19/09/2020	0,205	0,229	0,195	0,040	0,095	0,127	0,050	0,048	0,011	232,419	0,044
16/08/2020 a 26/09/2020	0,187	0,215	0,212	0,049	0,069	0,153	0,047	0,059	0,009	319,471	0,049
23/08/2020 a 03/10/2020	0,168	0,199	0,228	0,062	0,048	0,163	0,052	0,063	0,018	373,689	0,052
30/08/2020 a 10/10/2020	0,158	0,194	0,227	0,074	0,040	0,161	0,057	0,061	0,028	362,041	0,050
06/09/2020 a 17/10/2020	0,152	0,199	0,215	0,086	0,034	0,159	0,060	0,064	0,031	344,390	0,049
13/09/2020 a 24/10/2020	0,139	0,203	0,209	0,094	0,037	0,153	0,060	0,071	0,034	328,256	0,048
20/09/2020 a 31/10/2020	0,126	0,207	0,205	0,095	0,054	0,136	0,067	0,069	0,041	277,401	0,046
27/09/2020 a 07/11/2020	0,123	0,205	0,206	0,087	0,072	0,120	0,077	0,059	0,051	243,355	0,043
04/10/2020 a 14/11/2020	0,123	0,198	0,210	0,078	0,086	0,110	0,086	0,056	0,055	242,315	0,044
11/10/2020 a 21/11/2020	0,121	0,192	0,199	0,089	0,085	0,108	0,092	0,058	0,056	229,225	0,042
18/10/2020 a 28/11/2020	0,115	0,186	0,187	0,108	0,076	0,110	0,095	0,060	0,063	235,838	0,042
25/10/2020 a 05/12/2020	0,117	0,185	0,167	0,130	0,060	0,114	0,098	0,060	0,070	244,79	0,045
01/11/2020 a 12/12/2020	0,123	0,185	0,136	0,160	0,041	0,114	0,104	0,061	0,075	289,033	0,048
08/11/2020 a 19/12/2020	0,128	0,187	0,105	0,185	0,029	0,105	0,117	0,069	0,075	364,79	0,054
15/11/2020 a 26/12/2020	0,128	0,193	0,077	0,206	0,023	0,096	0,121	0,080	0,076	453,343	0,062
22/11/2020 a 02/01/2021	0,129	0,199	0,063	0,204	0,034	0,084	0,123	0,078	0,087	459,724	0,062

Tabela 29 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de óbitos									Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos dígitos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
29/11/2020 a 09/01/2021	0,135	0,199	0,056	0,198	0,049	0,069	0,120	0,077	0,098	437,671	0,059
06/12/2020 a 16/01/2021	0,135	0,199	0,050	0,191	0,065	0,051	0,117	0,078	0,112	462,008	0,060
13/12/2020 a 23/01/2021	0,145	0,205	0,056	0,169	0,079	0,041	0,112	0,078	0,115	404,372	0,058
20/12/2020 a 30/01/2021	0,161	0,204	0,063	0,153	0,087	0,037	0,104	0,078	0,112	330,706	0,051
27/12/2020 a 06/02/2021	0,192	0,193	0,074	0,136	0,099	0,037	0,092	0,078	0,099	216,036	0,042
03/01/2021 a 13/02/2021	0,222	0,175	0,093	0,128	0,095	0,042	0,080	0,076	0,089	127,260	0,031
10/01/2021 a 20/02/2021	0,254	0,162	0,105	0,122	0,089	0,049	0,071	0,072	0,077	64,016	0,022
17/01/2021 a 27/02/2021	0,291	0,150	0,117	0,114	0,086	0,052	0,063	0,071	0,056	24,765	0,013
24/01/2021 a 06/03/2021	0,324	0,123	0,138	0,106	0,086	0,055	0,056	0,071	0,042	35,177	0,016
31/01/2021 a 13/03/2021	0,349	0,094	0,168	0,093	0,085	0,065	0,039	0,066	0,041	81,678	0,025
07/02/2021 a 20/03/2021	0,364	0,074	0,190	0,079	0,083	0,078	0,026	0,050	0,055	147,955	0,034
14/02/2021 a 27/03/2021	0,388	0,062	0,201	0,069	0,088	0,076	0,023	0,046	0,048	201,679	0,041
21/02/2021 a 03/04/2021	0,405	0,056	0,197	0,073	0,086	0,071	0,039	0,036	0,036	201,486	0,042
28/02/2021 a 10/04/2021	0,411	0,056	0,190	0,081	0,074	0,080	0,043	0,034	0,030	200,199	0,042
07/03/2021 a 17/04/2021	0,410	0,067	0,172	0,091	0,066	0,086	0,040	0,040	0,029	166,418	0,039
14/03/2021 a 24/04/2021	0,407	0,083	0,138	0,109	0,067	0,078	0,048	0,038	0,032	116,445	0,032
21/03/2021 a 01/05/2021	0,404	0,095	0,105	0,124	0,073	0,066	0,060	0,035	0,037	102,342	0,029
28/03/2021 a 08/05/2021	0,393	0,108	0,076	0,135	0,079	0,062	0,062	0,038	0,048	105,605	0,030
04/04/2021 a 15/05/2021	0,398	0,113	0,062	0,131	0,087	0,060	0,056	0,044	0,050	113,809	0,032
11/04/2021 a 22/05/2021	0,406	0,117	0,049	0,124	0,104	0,049	0,059	0,041	0,050	141,237	0,036
18/04/2021 a 29/05/2021	0,410	0,125	0,039	0,117	0,117	0,044	0,066	0,031	0,050	174,316	0,040
25/04/2021 a 05/06/2021	0,416	0,138	0,029	0,103	0,127	0,047	0,065	0,036	0,039	190,623	0,039
02/05/2021 a 12/06/2021	0,422	0,149	0,024	0,095	0,123	0,053	0,063	0,051	0,020	200,476	0,038
09/05/2021 a 19/06/2021	0,428	0,152	0,027	0,083	0,120	0,063	0,058	0,063	0,006	220,084	0,040

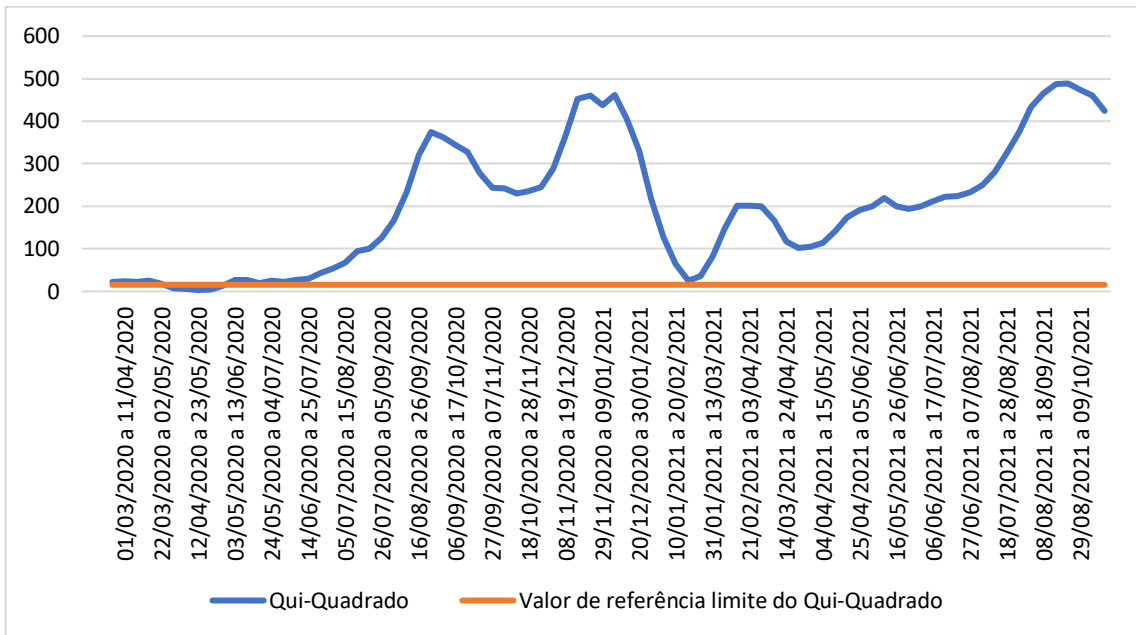
Tabela 30 - Tabela com frequência dos primeiros dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Frequência dos dígitos									Qui-Quadrado	MDA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	16/05/2021 a 26/06/2021	0,418	0,146	0,039	0,071	0,120	0,075	0,051	0,071		
23/05/2021 a 03/07/2021	0,410	0,136	0,051	0,058	0,120	0,087	0,039	0,078	0,020	193,626	0,044
30/05/2021 a 10/07/2021	0,407	0,120	0,065	0,049	0,119	0,095	0,029	0,082	0,033	200,441	0,046
06/06/2021 a 17/07/2021	0,407	0,102	0,084	0,043	0,115	0,101	0,021	0,082	0,045	212,413	0,046
13/06/2021 a 24/07/2021	0,400	0,091	0,101	0,037	0,115	0,101	0,018	0,079	0,057	222,186	0,046
20/06/2021 a 31/07/2021	0,394	0,088	0,110	0,034	0,115	0,099	0,018	0,077	0,066	223,373	0,046
27/06/2021 a 07/08/2021	0,388	0,093	0,111	0,027	0,121	0,093	0,019	0,067	0,081	233,671	0,046
04/07/2021 a 14/08/2021	0,382	0,100	0,111	0,021	0,123	0,091	0,025	0,053	0,095	249,570	0,044
11/07/2021 a 21/08/2021	0,376	0,106	0,111	0,015	0,122	0,092	0,031	0,041	0,108	279,922	0,045
18/07/2021 a 28/08/2021	0,371	0,111	0,111	0,009	0,116	0,098	0,037	0,028	0,119	325,343	0,047
25/07/2021 a 04/09/2021	0,384	0,111	0,111	0,003	0,108	0,112	0,037	0,016	0,119	372,225	0,051
01/08/2021 a 11/09/2021	0,396	0,111	0,111	0,000	0,092	0,131	0,037	0,004	0,119	433,675	0,054
08/08/2021 a 18/09/2021	0,408	0,111	0,111	0,000	0,073	0,149	0,037	0,000	0,110	464,744	0,056
15/08/2021 a 25/09/2021	0,421	0,111	0,111	0,000	0,059	0,163	0,037	0,000	0,098	487,718	0,059
22/08/2021 a 02/10/2021	0,430	0,114	0,111	0,000	0,048	0,168	0,043	0,000	0,086	488,645	0,060
29/08/2021 a 09/10/2021	0,436	0,120	0,111	0,000	0,041	0,168	0,049	0,000	0,074	473,376	0,059
05/09/2021 a 16/10/2021	0,429	0,126	0,111	0,000	0,037	0,167	0,056	0,000	0,074	460,738	0,057
12/09/2021 a 23/10/2021	0,423	0,132	0,108	0,004	0,037	0,160	0,062	0,000	0,074	424,305	0,055

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

No tangente ao número de óbitos, cinco picos são visualizados com seus máximos em agosto e setembro de 2020, para o primeiro pico, novembro e dezembro de 2020, também janeiro de 2021, para o segundo, fevereiro e março de 2021, para o terceiro, maio e junho de 2021 para o quarto e, por fim, agosto a outubro de 2021 para o último e maior pico.

Gráfico 63 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de óbitos.

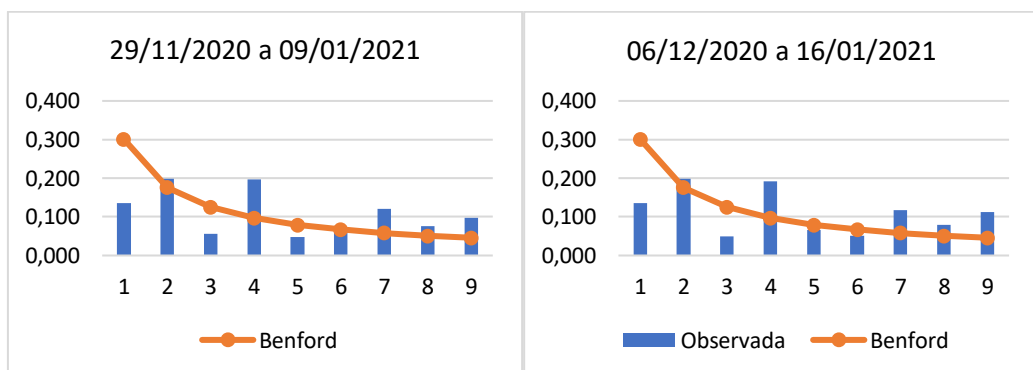


Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os meses em que há o maior registro para o Qui-Quadrado calculado e, conseqüentemente, o maior distanciamento da Lei de Benford são novembro e dezembro de 2020, agosto, setembro e outubro de 2021.

Inspecionando esses resultados, encontra-se que a quantidade de aparições dos dígitos 1, 3 e 5 é inferior ao previsto na Lei de Benford, que o dígito 6, pelo resultado da estatística Z a 5% de significância, está mais próximo da frequência esperada e que os dígitos 2, 4 (o mais expressivo), 7, 8 e 9 têm registros em excesso no que diz respeito a distribuição de Benford para novembro, dezembro e janeiro.

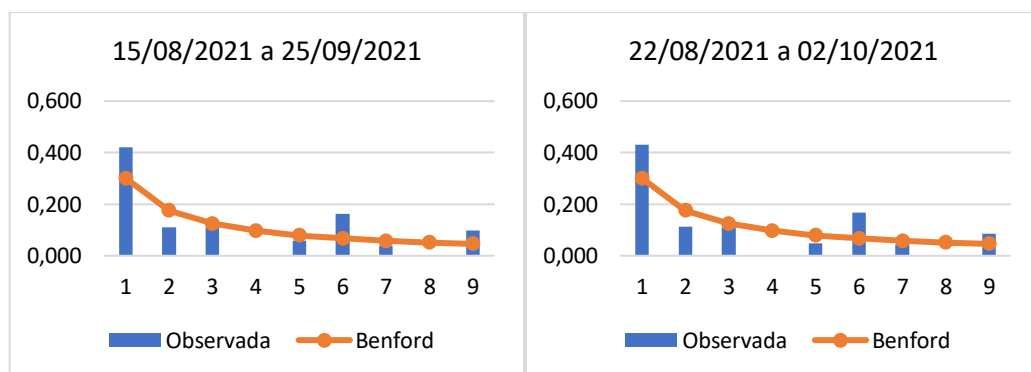
Gráfico 64 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de mortes para os períodos 29/11/2020 a 09/01/2021 e 06/12/2020 a 16/01/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já para agosto, setembro e outubro de 2021: há excesso dos dígitos 1, 6 (esse a super-representação mais expressiva) e 9 e escassez de dígitos 2, 4, 5, 7 e 8. De acordo com a estatística Z a 5% de significância, apenas o dígito 3 está em conformidade com a Lei de Benford.

Gráfico 65 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do primeiro dígito para número de mortes para os períodos 15/08/2021 a 25/09/2021 e 22/08/2021 a 02/10/2021.



Teste do Segundo Dígito

O teste do segundo dígito compara as frequências encontradas para os dígitos de 0 a 9 na posição de segundo dígito com as frequências calculadas por:

$$Prob(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \log_{10} \left(1 + \frac{1}{d_1 d_2} \right), \quad d_2 \in \{0, 1, \dots, 9\}$$

onde D_2 representa o segundo dígito (NIGRINI, 2012).

Em destaque na coluna “Qui-Quadrado”, estão os valores que aceitam a hipótese nula de conformidade com a Lei de Benford, já que são inferiores a 16,919 para 9 graus de liberdade ($K-1$) e 5% de significância. Ainda, na coluna “MDA”, que representa os valores calculados para a Média dos Desvios Absolutos, em cinza mais claro, estão os registros que equivalem à conformidade aproximada e, em cinza mais escuro, os que equivalem à conformidade aceitável.

Os períodos que mais diferem da distribuição de Benford, de acordo com o cálculo do Qui-Quadrado, são representativos de setembro e outubro de 2021. Em 2020, os que mais se distanciam são novembro (como também informado pelo teste do primeiro

dígito) e dezembro. Com menção ao pico formado em maio e junho de 2021 no gráfico do Qui-Quadrado calculado.

Tabela 31 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de casos										Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
23/02/2020 a 04/04/2020	0,120	0,114	0,109	0,104	0,100	0,097	0,093	0,090	0,088	0,085	13,129	0,016
01/03/2020 a 11/04/2020	0,1318	0,124	0,0982	0,1318	0,0749	0,0853	0,124	0,0749	0,0853	0,0698	11,807	0,012
08/03/2020 a 18/04/2020	0,135	0,1101	0,1022	0,1258	0,0813	0,0996	0,114	0,0747	0,0826	0,0747	14,895	0,012
15/03/2020 a 25/04/2020	0,136	0,1105	0,1052	0,119	0,0925	0,0988	0,0988	0,0786	0,0871	0,0733	8,058	0,008
22/03/2020 a 02/05/2020	0,1305	0,1146	0,1072	0,1156	0,096	0,0979	0,0951	0,0774	0,0904	0,0755	5,746	0,006
29/03/2020 a 09/05/2020	0,134	0,1127	0,11	0,1065	0,1047	0,1038	0,0887	0,0816	0,087	0,071	6,436	0,006
05/04/2020 a 16/05/2020	0,1261	0,112	0,1049	0,1032	0,1067	0,1111	0,0873	0,0838	0,0882	0,0767	5,208	0,005
12/04/2020 a 23/05/2020	0,1182	0,1164	0,1032	0,1076	0,1102	0,1041	0,0873	0,0838	0,0891	0,0802	3,551	0,005
19/04/2020 a 30/05/2020	0,1155	0,1067	0,1129	0,0996	0,112	0,1032	0,0917	0,0899	0,0873	0,0811	3,386	0,004
26/04/2020 a 06/06/2020	0,1093	0,1102	0,1076	0,1049	0,1138	0,0988	0,0988	0,0847	0,0891	0,0829	4,266	0,005
03/05/2020 a 13/06/2020	0,1067	0,1049	0,1085	0,1067	0,1146	0,1023	0,0996	0,0873	0,0891	0,0802	6,275	0,006
10/05/2020 a 20/06/2020	0,1005	0,1041	0,1049	0,1085	0,1058	0,1005	0,1049	0,0873	0,0917	0,0917	8,093	0,007
17/05/2020 a 27/06/2020	0,1085	0,1049	0,1111	0,1076	0,1058	0,0917	0,1041	0,0855	0,0882	0,0926	5,483	0,006
24/05/2020 a 04/07/2020	0,1164	0,1111	0,1058	0,0988	0,1049	0,097	0,0996	0,0802	0,0944	0,0917	3,745	0,005
31/05/2020 a 11/07/2020	0,1173	0,1199	0,112	0,1023	0,1032	0,0952	0,0935	0,0714	0,0961	0,0891	6,114	0,005
07/06/2020 a 18/07/2020	0,1208	0,1129	0,1155	0,1102	0,0882	0,0979	0,0979	0,0767	0,0899	0,0899	5,365	0,005
14/06/2020 a 25/07/2020	0,1226	0,1067	0,1129	0,1058	0,1014	0,0988	0,0961	0,082	0,082	0,0917	2,830	0,004
21/06/2020 a 01/08/2020	0,1252	0,1032	0,1129	0,0988	0,0979	0,1032	0,1032	0,0802	0,0864	0,0891	5,088	0,006
28/06/2020 a 08/08/2020	0,1252	0,1005	0,112	0,0996	0,0944	0,1023	0,1058	0,0847	0,0908	0,0847	5,520	0,006
05/07/2020 a 15/08/2020	0,1235	0,0952	0,1146	0,1032	0,0873	0,1005	0,1085	0,0961	0,0873	0,0838	9,342	0,007

Tabela 32 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de casos										Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
12/07/2020 a 22/08/2020	0,142	0,1032	0,0979	0,0996	0,0847	0,0864	0,0979	0,1005	0,0917	0,0961	14,715	0,010
19/07/2020 a 29/08/2020	0,1473	0,1261	0,1058	0,0855	0,0944	0,0873	0,0829	0,0908	0,0855	0,0944	16,266	0,010
26/07/2020 a 05/09/2020	0,1455	0,1349	0,1199	0,1005	0,082	0,082	0,082	0,0802	0,0847	0,0882	21,121	0,012
02/08/2020 a 12/09/2020	0,1411	0,1323	0,1217	0,112	0,097	0,0908	0,0697	0,0794	0,0767	0,0794	20,575	0,012
09/08/2020 a 19/09/2020	0,1358	0,1367	0,1243	0,112	0,0917	0,0996	0,0838	0,0714	0,0697	0,075	22,546	0,013
16/08/2020 a 26/09/2020	0,1217	0,1349	0,1235	0,1138	0,0988	0,0988	0,0864	0,082	0,0723	0,0679	16,052	0,010
23/08/2020 a 03/10/2020	0,0979	0,1252	0,1243	0,1138	0,1005	0,1014	0,0952	0,0961	0,0794	0,0661	15,831	0,010
30/08/2020 a 10/10/2020	0,0908	0,1085	0,1261	0,1164	0,0935	0,0952	0,0908	0,1049	0,1014	0,0723	20,921	0,012
06/09/2020 a 17/10/2020	0,0961	0,0979	0,1235	0,1146	0,0908	0,0873	0,0891	0,1041	0,1085	0,0882	21,645	0,013
13/09/2020 a 24/10/2020	0,1164	0,0847	0,1208	0,1208	0,0961	0,0723	0,0811	0,0944	0,1093	0,1041	33,193	0,015
20/09/2020 a 31/10/2020	0,1314	0,0952	0,1014	0,1182	0,1164	0,0855	0,0591	0,0891	0,1049	0,0988	32,365	0,015
27/09/2020 a 07/11/2020	0,1279	0,1226	0,1014	0,1085	0,1138	0,0996	0,0723	0,0705	0,0935	0,0899	15,061	0,010
04/10/2020 a 14/11/2020	0,1138	0,1323	0,1058	0,1111	0,1093	0,1102	0,0961	0,0644	0,082	0,075	17,585	0,010
11/10/2020 a 21/11/2020	0,1014	0,1235	0,097	0,1111	0,1111	0,1164	0,1164	0,0767	0,0767	0,0697	25,682	0,014
18/10/2020 a 28/11/2020	0,0855	0,1182	0,0979	0,0917	0,1129	0,1235	0,1199	0,0988	0,0794	0,0723	37,311	0,016
25/10/2020 a 05/12/2020	0,0723	0,1296	0,1067	0,0776	0,0952	0,1217	0,127	0,1138	0,0899	0,0661	64,951	0,020
01/11/2020 a 12/12/2020	0,0591	0,1129	0,1155	0,0882	0,0811	0,1049	0,1314	0,1252	0,1014	0,0802	79,249	0,020
08/11/2020 a 19/12/2020	0,0767	0,0802	0,1102	0,0979	0,0785	0,0908	0,119	0,1252	0,1164	0,1049	74,755	0,022
15/11/2020 a 26/12/2020	0,1093	0,0705	0,1111	0,0952	0,0794	0,0811	0,0917	0,1243	0,119	0,1182	70,486	0,020
22/11/2020 a 02/01/2021	0,1323	0,082	0,1058	0,0952	0,0899	0,0758	0,0776	0,1076	0,1102	0,1235	51,813	0,018

Tabela 33 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de casos										Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
29/11/2020 a 09/01/2021	0,120	0,114	0,109	0,104	0,100	0,097	0,093	0,090	0,088	0,085	40,588	0,016
06/12/2020 a 16/01/2021	0,163	0,096	0,107	0,099	0,098	0,079	0,076	0,083	0,089	0,110	37,541	0,014
13/12/2020 a 23/01/2021	0,165	0,107	0,104	0,096	0,105	0,090	0,080	0,072	0,083	0,098	29,850	0,013
20/12/2020 a 30/01/2021	0,160	0,113	0,112	0,096	0,104	0,101	0,082	0,080	0,071	0,080	23,122	0,010
27/12/2020 a 06/02/2021	0,144	0,103	0,108	0,096	0,110	0,111	0,096	0,080	0,072	0,079	15,617	0,010
03/01/2021 a 13/02/2021	0,139	0,091	0,109	0,090	0,107	0,105	0,112	0,086	0,085	0,077	17,981	0,011
10/01/2021 a 20/02/2021	0,135	0,096	0,097	0,098	0,108	0,095	0,111	0,092	0,093	0,076	13,306	0,009
17/01/2021 a 27/02/2021	0,117	0,113	0,086	0,091	0,110	0,096	0,116	0,096	0,093	0,082	16,058	0,009
24/01/2021 a 06/03/2021	0,121	0,105	0,098	0,086	0,100	0,088	0,108	0,104	0,103	0,087	14,510	0,009
31/01/2021 a 13/03/2021	0,116	0,114	0,108	0,093	0,098	0,081	0,100	0,100	0,102	0,087	8,744	0,007
07/02/2021 a 20/03/2021	0,107	0,116	0,116	0,099	0,105	0,078	0,091	0,095	0,109	0,084	13,144	0,008
14/02/2021 a 27/03/2021	0,101	0,114	0,110	0,123	0,101	0,086	0,081	0,098	0,100	0,087	13,240	0,009
21/02/2021 a 03/04/2021	0,091	0,116	0,104	0,114	0,120	0,100	0,076	0,093	0,099	0,088	19,315	0,010
28/02/2021 a 10/04/2021	0,095	0,106	0,109	0,112	0,109	0,117	0,077	0,088	0,100	0,086	18,007	0,010
07/03/2021 a 17/04/2021	0,094	0,103	0,107	0,113	0,115	0,116	0,086	0,086	0,091	0,090	16,484	0,010
14/03/2021 a 24/04/2021	0,098	0,089	0,101	0,106	0,120	0,119	0,101	0,082	0,093	0,090	24,009	0,013
21/03/2021 a 01/05/2021	0,107	0,087	0,086	0,108	0,112	0,126	0,110	0,092	0,083	0,089	29,952	0,014
28/03/2021 a 08/05/2021	0,109	0,091	0,086	0,080	0,110	0,126	0,119	0,102	0,085	0,091	39,732	0,017
04/04/2021 a 15/05/2021	0,124	0,083	0,092	0,083	0,088	0,115	0,127	0,113	0,086	0,089	43,920	0,017
11/04/2021 a 22/05/2021	0,143	0,078	0,083	0,080	0,088	0,103	0,127	0,114	0,101	0,084	56,625	0,020
18/04/2021 a 29/05/2021	0,153	0,081	0,085	0,066	0,077	0,097	0,123	0,122	0,111	0,086	79,466	0,024
25/04/2021 a 05/06/2021	0,170	0,094	0,076	0,063	0,067	0,079	0,104	0,127	0,123	0,096	108,731	0,029
02/05/2021 a 12/06/2021	0,182	0,120	0,080	0,064	0,064	0,063	0,086	0,110	0,127	0,104	120,482	0,029
09/05/2021 a 19/06/2021	0,198	0,137	0,082	0,072	0,069	0,067	0,071	0,087	0,123	0,095	125,052	0,029

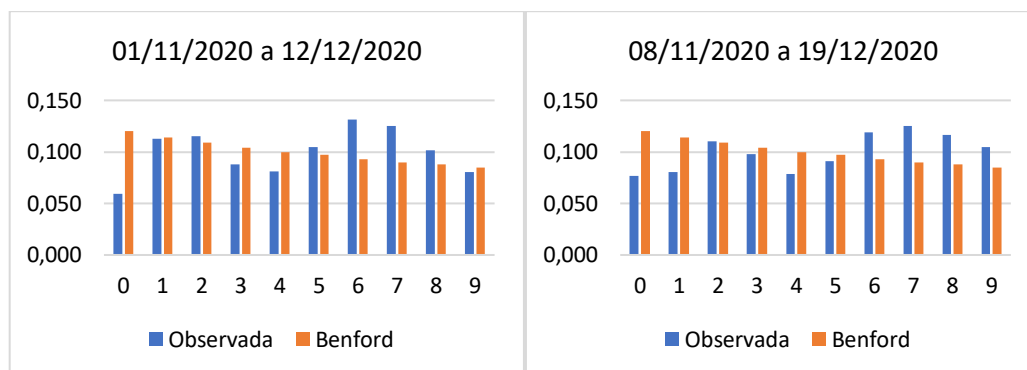
Tabela 34 - Tabela com frequência dos segundos dígitos para números de casos de COVID-19 e resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Frequência dos Dígitos										Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
16/05/2021 a 26/06/2021	0,186	0,151	0,092	0,073	0,079	0,065	0,071	0,078	0,108	0,098	100,023	0,027
23/05/2021 a 03/07/2021	0,164	0,169	0,094	0,082	0,084	0,068	0,061	0,078	0,096	0,104	89,372	0,025
30/05/2021 a 10/07/2021	0,158	0,171	0,098	0,094	0,089	0,073	0,066	0,061	0,088	0,101	79,325	0,022
06/06/2021 a 17/07/2021	0,161	0,169	0,104	0,093	0,093	0,082	0,078	0,053	0,076	0,091	73,796	0,021
13/06/2021 a 24/07/2021	0,160	0,169	0,108	0,091	0,089	0,093	0,085	0,059	0,062	0,083	71,171	0,019
20/06/2021 a 31/07/2021	0,147	0,175	0,116	0,098	0,081	0,098	0,081	0,069	0,058	0,078	68,021	0,019
27/06/2021 a 07/08/2021	0,140	0,175	0,121	0,108	0,067	0,109	0,073	0,075	0,055	0,076	80,319	0,022
04/07/2021 a 14/08/2021	0,141	0,167	0,140	0,108	0,066	0,100	0,083	0,084	0,043	0,069	86,251	0,022
11/07/2021 a 21/08/2021	0,138	0,172	0,154	0,106	0,069	0,088	0,086	0,097	0,032	0,058	121,201	0,026
18/07/2021 a 28/08/2021	0,118	0,179	0,170	0,104	0,079	0,080	0,091	0,101	0,026	0,052	155,321	0,027
25/07/2021 a 04/09/2021	0,102	0,180	0,188	0,102	0,086	0,067	0,105	0,102	0,028	0,039	201,608	0,034
01/08/2021 a 11/09/2021	0,085	0,170	0,216	0,101	0,087	0,054	0,119	0,112	0,024	0,032	291,466	0,042
08/08/2021 a 18/09/2021	0,075	0,167	0,229	0,106	0,093	0,036	0,127	0,118	0,034	0,015	367,709	0,047
15/08/2021 a 25/09/2021	0,061	0,165	0,239	0,110	0,095	0,037	0,120	0,120	0,047	0,006	402,285	0,049
22/08/2021 a 02/10/2021	0,038	0,161	0,245	0,116	0,098	0,045	0,112	0,120	0,049	0,016	410,641	0,049
29/08/2021 a 09/10/2021	0,025	0,146	0,256	0,121	0,098	0,053	0,101	0,130	0,045	0,026	436,189	0,049
05/09/2021 a 16/10/2021	0,019	0,120	0,270	0,127	0,100	0,063	0,084	0,132	0,047	0,039	459,672	0,046
12/09/2021 a 23/10/2021	0,016	0,108	0,272	0,125	0,111	0,070	0,071	0,126	0,049	0,051	452,588	0,046

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Examinando os meses relevantes de 2020, visualiza-se que há excesso dos dígitos 6 e 7 e escassez dos dígitos 0, 3 e 4 para o primeiro gráfico. Já para o segundo, há insuficiência da quantidade de dígitos 0,1 e 4 e abundância dos dígitos 6,7,8 e 9. Os dígitos 1, 2, 5, 8 e 9 têm conformidade aproximada, de acordo com a estatística Z a 5% de significância, para 01/11/2020 a 12/12/2020 e os dígitos 2, 3 e 5 para 08/11/2020 a 19/12/2020.

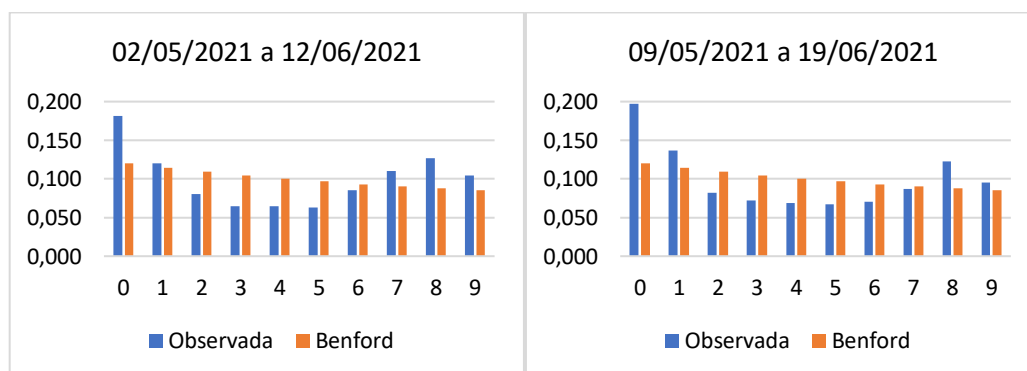
Gráfico 66 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de casos para os períodos 01/11/2020 a 12/12/2020 e 08/11/2020 a 19/12/2020.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Ao conferir com maior proximidade os meses de maio e junho de 2021, encontra-se o apresentado nos gráficos abaixo:

Gráfico 67 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de casos para os períodos 02/05/2021 a 12/06/2021 e 09/05/2021 a 19/06/2021.

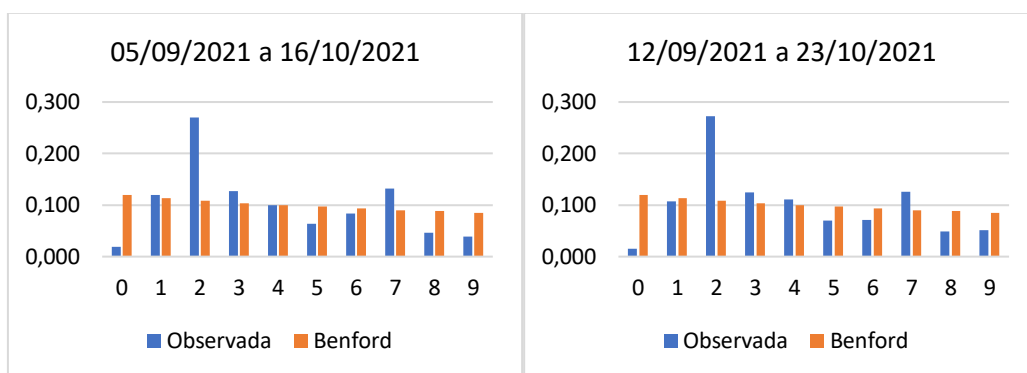


Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Há, nos dois períodos, excesso de registros dos dígitos 0 (o mais expressivo), 8, falta de registro dos dígitos 2, 3, 4 e 5 e conformidade aproximada com a frequência esperada do 9. Existem registros em demasia, no primeiro gráfico, também do dígito 7, que está em congruência com a Lei de Benford no segundo gráfico, de acordo com a estatística Z a 5% de significância, e conformidade do 1 e do 6. No segundo período, há mais dados com segundo dígito 1 do que o esperado e carência do dígito 6.

Agora avaliando os meses em 2021 com maior distância observada do Qui-Quadrado calculado para o valor de referência limite do Qui-Quadrado encontra-se setembro e outubro. Há excesso proeminente do dígito 2 e aparição em demasia dos dígitos 3 e 7. Já os dígitos em escassez para os dois gráficos são 0, 5, 8 e 9. Pela estatística Z a 5% de significância, no primeiro período, 4 e 6 estão em conformidade e, no segundo, 1 e 4.

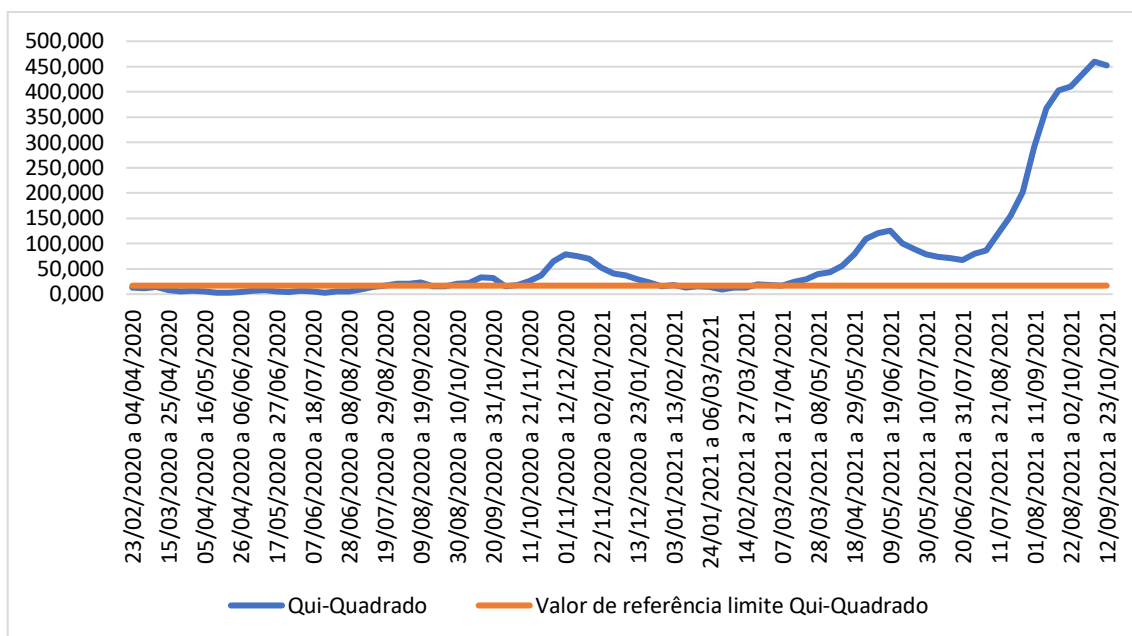
Gráfico 68 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de casos para os períodos 05/09/2021 a 16/10/2021 e 12/09/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

O gráfico abaixo sintetiza a relação do Qui-Quadrado calculado para os intervalos de seis semanas com o distanciamento da Lei de Benford.

Gráfico 69 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Quanto ao número de óbitos, a mesma regra de destaque foi estabelecida para o realce das células nas colunas “Qui-Quadrado” e “MDA”.

Tabela 35 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de óbitos										Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
23/02/2020 a 04/04/2020	0,120	0,114	0,109	0,104	0,100	0,097	0,093	0,090	0,088	0,085	16,188	0,050
01/03/2020 a 11/04/2020	0,155	0,164	0,118	0,073	0,100	0,091	0,073	0,082	0,091	0,055	6,412	0,019
08/03/2020 a 18/04/2020	0,152	0,122	0,104	0,065	0,126	0,087	0,100	0,091	0,091	0,061	9,011	0,016
15/03/2020 a 25/04/2020	0,137	0,115	0,088	0,072	0,126	0,094	0,097	0,088	0,102	0,080	9,430	0,012
22/03/2020 a 02/05/2020	0,141	0,121	0,104	0,074	0,117	0,084	0,097	0,089	0,100	0,072	11,483	0,012
29/03/2020 a 09/05/2020	0,141	0,120	0,096	0,084	0,120	0,083	0,098	0,087	0,090	0,082	11,090	0,011
05/04/2020 a 16/05/2020	0,136	0,124	0,103	0,092	0,115	0,082	0,092	0,093	0,077	0,085	9,447	0,009
12/04/2020 a 23/05/2020	0,129	0,114	0,103	0,092	0,112	0,081	0,098	0,104	0,080	0,086	9,763	0,008
19/04/2020 a 30/05/2020	0,128	0,119	0,104	0,101	0,104	0,082	0,095	0,102	0,082	0,082	5,905	0,006
26/04/2020 a 06/06/2020	0,133	0,119	0,109	0,097	0,096	0,079	0,107	0,101	0,080	0,081	11,042	0,008
03/05/2020 a 13/06/2020	0,128	0,117	0,098	0,106	0,095	0,080	0,100	0,103	0,085	0,087	8,460	0,007
10/05/2020 a 20/06/2020	0,122	0,117	0,107	0,110	0,090	0,084	0,102	0,098	0,086	0,085	5,719	0,006
17/05/2020 a 27/06/2020	0,118	0,099	0,098	0,106	0,090	0,093	0,110	0,104	0,099	0,083	12,615	0,009
24/05/2020 a 04/07/2020	0,134	0,106	0,091	0,102	0,086	0,091	0,105	0,093	0,108	0,084	16,119	0,010
31/05/2020 a 11/07/2020	0,129	0,108	0,104	0,099	0,085	0,091	0,097	0,091	0,102	0,094	8,700	0,007
07/06/2020 a 18/07/2020	0,134	0,112	0,102	0,105	0,086	0,091	0,086	0,089	0,101	0,093	9,012	0,007
14/06/2020 a 25/07/2020	0,127	0,120	0,118	0,101	0,090	0,096	0,093	0,077	0,092	0,086	5,342	0,005
21/06/2020 a 01/08/2020	0,116	0,110	0,116	0,100	0,093	0,104	0,097	0,090	0,092	0,081	2,678	0,004
28/06/2020 a 08/08/2020	0,113	0,117	0,114	0,107	0,098	0,098	0,093	0,078	0,093	0,089	3,508	0,004
05/07/2020 a 15/08/2020	0,108	0,106	0,116	0,103	0,105	0,105	0,104	0,079	0,082	0,092	7,365	0,007

Tabela 36 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de óbitos											Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
12/07/2020 a 22/08/2020	0,120	0,114	0,109	0,104	0,100	0,097	0,093	0,090	0,088	0,085	8,840	0,007	
19/07/2020 a 29/08/2020	0,108	0,099	0,107	0,101	0,104	0,103	0,110	0,093	0,084	0,091	7,483	0,007	
26/07/2020 a 05/09/2020	0,103	0,101	0,105	0,107	0,105	0,106	0,102	0,094	0,093	0,085	21,541	0,012	
02/08/2020 a 12/09/2020	0,099	0,090	0,098	0,101	0,106	0,107	0,110	0,099	0,106	0,085	29,390	0,014	
09/08/2020 a 19/09/2020	0,101	0,089	0,101	0,091	0,095	0,101	0,105	0,100	0,116	0,101	24,735	0,013	
16/08/2020 a 26/09/2020	0,109	0,095	0,105	0,088	0,089	0,093	0,107	0,096	0,107	0,110	18,195	0,010	
23/08/2020 a 03/10/2020	0,105	0,103	0,105	0,106	0,090	0,086	0,093	0,098	0,106	0,108	18,100	0,011	
30/08/2020 a 10/10/2020	0,110	0,102	0,098	0,117	0,086	0,104	0,088	0,086	0,114	0,093	23,948	0,013	
06/09/2020 a 17/10/2020	0,106	0,101	0,093	0,116	0,084	0,095	0,108	0,086	0,113	0,098	20,053	0,011	
13/09/2020 a 24/10/2020	0,105	0,109	0,097	0,112	0,090	0,082	0,100	0,097	0,096	0,112	15,820	0,008	
20/09/2020 a 31/10/2020	0,115	0,112	0,086	0,121	0,105	0,087	0,093	0,089	0,087	0,105	13,655	0,009	
27/09/2020 a 07/11/2020	0,123	0,104	0,081	0,110	0,110	0,104	0,091	0,101	0,084	0,092	13,521	0,010	
04/10/2020 a 14/11/2020	0,114	0,104	0,087	0,094	0,104	0,106	0,098	0,102	0,091	0,100	39,109	0,015	
11/10/2020 a 21/11/2020	0,109	0,112	0,096	0,071	0,112	0,081	0,109	0,103	0,087	0,118	34,610	0,011	
18/10/2020 a 28/11/2020	0,115	0,116	0,110	0,060	0,112	0,089	0,095	0,103	0,090	0,110	33,170	0,011	
25/10/2020 a 05/12/2020	0,119	0,113	0,127	0,059	0,091	0,101	0,093	0,095	0,099	0,104	38,158	0,014	
01/11/2020 a 12/12/2020	0,115	0,120	0,146	0,079	0,072	0,083	0,096	0,091	0,093	0,104	34,286	0,014	
08/11/2020 a 19/12/2020	0,099	0,127	0,142	0,113	0,078	0,073	0,093	0,086	0,089	0,101	23,716	0,012	
15/11/2020 a 26/12/2020	0,106	0,114	0,139	0,125	0,084	0,081	0,099	0,083	0,083	0,086	16,643	0,009	
22/11/2020 a 02/01/2021	0,099	0,114	0,125	0,131	0,098	0,090	0,086	0,093	0,081	0,083	28,857	0,014	

Tabela 37 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de óbitos											Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
29/11/2020 a 09/01/2021	0,120	0,114	0,109	0,104	0,100	0,097	0,093	0,090	0,088	0,085	28,476	0,013	
06/12/2020 a 16/01/2021	0,091	0,088	0,121	0,132	0,111	0,106	0,089	0,092	0,080	0,090	33,726	0,014	
13/12/2020 a 23/01/2021	0,092	0,077	0,103	0,113	0,116	0,118	0,096	0,094	0,093	0,099	29,931	0,013	
20/12/2020 a 30/01/2021	0,115	0,076	0,104	0,086	0,109	0,108	0,108	0,093	0,099	0,103	31,941	0,013	
27/12/2020 a 06/02/2021	0,133	0,078	0,108	0,078	0,102	0,101	0,099	0,091	0,102	0,108	68,075	0,019	
03/01/2021 a 13/02/2021	0,175	0,063	0,106	0,086	0,081	0,103	0,100	0,085	0,098	0,103	112,903	0,023	
10/01/2021 a 20/02/2021	0,209	0,071	0,085	0,093	0,071	0,098	0,099	0,083	0,101	0,090	139,685	0,025	
17/01/2021 a 27/02/2021	0,224	0,100	0,070	0,084	0,080	0,071	0,097	0,086	0,095	0,094	146,461	0,024	
24/01/2021 a 06/03/2021	0,229	0,122	0,082	0,078	0,084	0,063	0,082	0,086	0,086	0,087	126,525	0,025	
31/01/2021 a 13/03/2021	0,215	0,142	0,086	0,079	0,077	0,075	0,067	0,081	0,092	0,086	128,439	0,027	
07/02/2021 a 20/03/2021	0,199	0,172	0,088	0,087	0,078	0,071	0,063	0,072	0,085	0,084	114,673	0,024	
14/02/2021 a 27/03/2021	0,157	0,199	0,108	0,086	0,087	0,067	0,072	0,068	0,078	0,077	95,630	0,021	
21/02/2021 a 03/04/2021	0,126	0,195	0,129	0,095	0,089	0,071	0,064	0,071	0,076	0,083	84,553	0,021	
28/02/2021 a 10/04/2021	0,116	0,184	0,139	0,108	0,089	0,086	0,070	0,065	0,063	0,079	82,347	0,023	
07/03/2021 a 17/04/2021	0,106	0,179	0,144	0,119	0,087	0,087	0,079	0,071	0,063	0,064	72,261	0,022	
14/03/2021 a 24/04/2021	0,094	0,154	0,160	0,125	0,092	0,085	0,085	0,075	0,063	0,067	66,317	0,021	
21/03/2021 a 01/05/2021	0,094	0,131	0,165	0,129	0,108	0,078	0,083	0,078	0,066	0,069	76,861	0,022	
28/03/2021 a 08/05/2021	0,090	0,115	0,168	0,137	0,116	0,093	0,073	0,075	0,071	0,063	92,970	0,027	
04/04/2021 a 15/05/2021	0,079	0,096	0,159	0,141	0,122	0,124	0,076	0,071	0,070	0,063	85,239	0,026	
11/04/2021 a 22/05/2021	0,078	0,082	0,142	0,138	0,132	0,126	0,093	0,072	0,073	0,063	94,464	0,026	
18/04/2021 a 29/05/2021	0,089	0,059	0,125	0,123	0,142	0,138	0,101	0,075	0,077	0,070	115,045	0,025	
25/04/2021 a 05/06/2021	0,117	0,050	0,103	0,100	0,142	0,146	0,128	0,075	0,070	0,069	118,528	0,026	
02/05/2021 a 12/06/2021	0,124	0,061	0,086	0,079	0,118	0,150	0,146	0,093	0,078	0,065	99,088	0,023	
09/05/2021 a 19/06/2021	0,130	0,076	0,073	0,071	0,101	0,130	0,153	0,099	0,085	0,083	106,764	0,024	

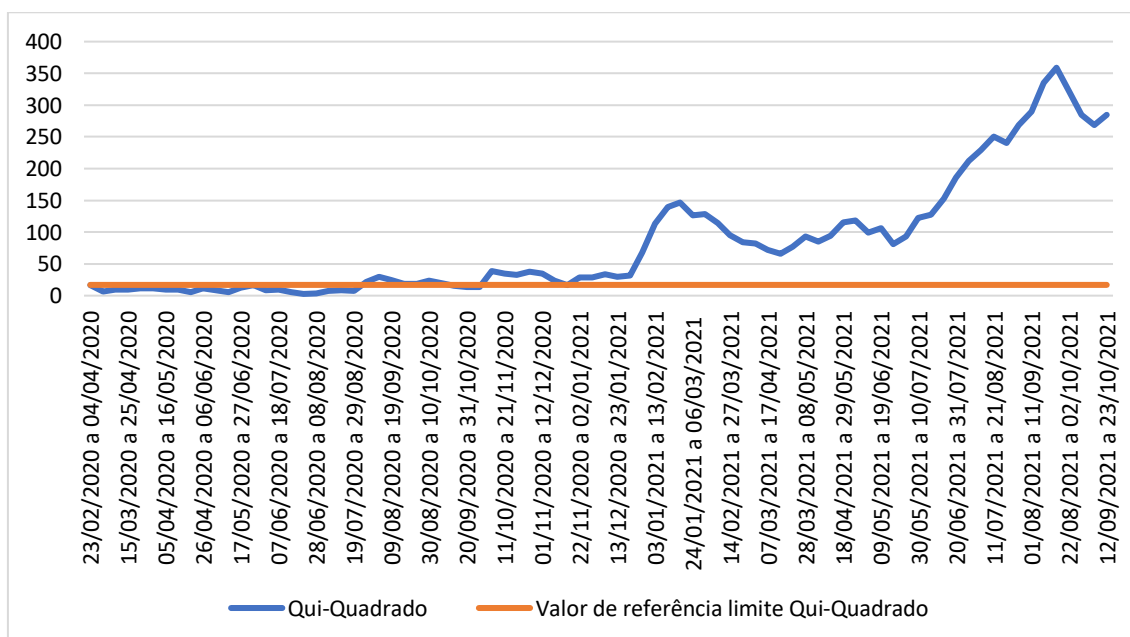
Tabela 38 - Tabelas com frequência dos segundos dígitos para números de óbitos de COVID-19, resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos.

Semanas epidemiológicas	Número de óbitos											Qui-Quadrado	MDA
	Frequência dos Dígitos												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
16/05/2021 a 26/06/2021	0,120	0,114	0,109	0,104	0,100	0,097	0,093	0,090	0,088	0,085	0,078	81,477	0,022
23/05/2021 a 03/07/2021	0,128	0,151	0,087	0,071	0,063	0,090	0,136	0,129	0,076	0,071	0,071	93,537	0,025
30/05/2021 a 10/07/2021	0,089	0,166	0,110	0,093	0,063	0,077	0,108	0,154	0,082	0,058	0,058	122,904	0,027
06/06/2021 a 17/07/2021	0,058	0,145	0,121	0,124	0,067	0,085	0,089	0,154	0,097	0,060	0,060	127,219	0,027
13/06/2021 a 24/07/2021	0,060	0,117	0,115	0,138	0,069	0,097	0,078	0,161	0,116	0,049	0,049	152,781	0,028
20/06/2021 a 31/07/2021	0,055	0,099	0,107	0,147	0,066	0,103	0,068	0,159	0,138	0,058	0,058	186,131	0,034
27/06/2021 a 07/08/2021	0,055	0,086	0,098	0,160	0,054	0,105	0,069	0,141	0,157	0,076	0,076	211,878	0,037
04/07/2021 a 14/08/2021	0,059	0,076	0,085	0,165	0,062	0,093	0,064	0,125	0,170	0,101	0,101	228,818	0,039
11/07/2021 a 21/08/2021	0,065	0,072	0,081	0,165	0,059	0,086	0,076	0,086	0,177	0,132	0,132	250,871	0,039
18/07/2021 a 28/08/2021	0,071	0,077	0,091	0,153	0,066	0,069	0,087	0,065	0,158	0,163	0,163	240,014	0,039
25/07/2021 a 04/09/2021	0,079	0,075	0,108	0,145	0,078	0,049	0,100	0,045	0,137	0,184	0,184	268,724	0,039
01/08/2021 a 11/09/2021	0,082	0,075	0,126	0,138	0,101	0,028	0,105	0,038	0,119	0,188	0,188	289,503	0,040
08/08/2021 a 18/09/2021	0,084	0,064	0,136	0,138	0,128	0,016	0,103	0,039	0,099	0,193	0,193	334,809	0,044
15/08/2021 a 25/09/2021	0,089	0,049	0,136	0,144	0,145	0,022	0,100	0,035	0,088	0,193	0,193	358,908	0,045
22/08/2021 a 02/10/2021	0,110	0,034	0,123	0,151	0,156	0,038	0,091	0,041	0,074	0,181	0,181	321,111	0,043
29/08/2021 a 09/10/2021	0,134	0,024	0,107	0,159	0,155	0,058	0,088	0,040	0,072	0,163	0,163	284,464	0,040
05/09/2021 a 16/10/2021	0,145	0,019	0,091	0,168	0,136	0,083	0,087	0,040	0,072	0,159	0,159	268,305	0,040
12/09/2021 a 23/10/2021	0,160	0,013	0,078	0,172	0,115	0,107	0,091	0,037	0,071	0,155	0,155	284,779	0,041

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Nessa análise, os meses em que há o maior distanciamento da Lei de Benford, de acordo com o Qui-Quadrado, são majoritariamente de 2021, sendo que os mais distantes da conformidade com a Lei são agosto, setembro e outubro, assim como enunciado nas descobertas do primeiro dígito.

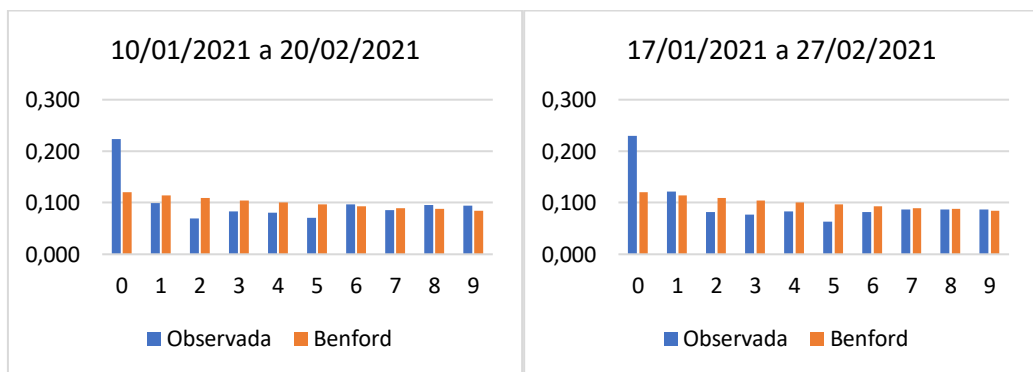
Gráfico 70 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de mortes.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os picos do gráfico anterior se dão nas semanas representadas nas figuras abaixo. Nos períodos refletidos nos primeiros gráficos, há excesso do dígito 0, carência dos dígitos 2, 3, 4 (4 apenas para o primeiro período, para o segundo, está em consonância com a frequência de Benford) e 5 e conformidade dos demais dígitos (1, 6, 7, 8 e 9) com a Lei de Benford, de acordo com a estatística Z a 5% de significância.

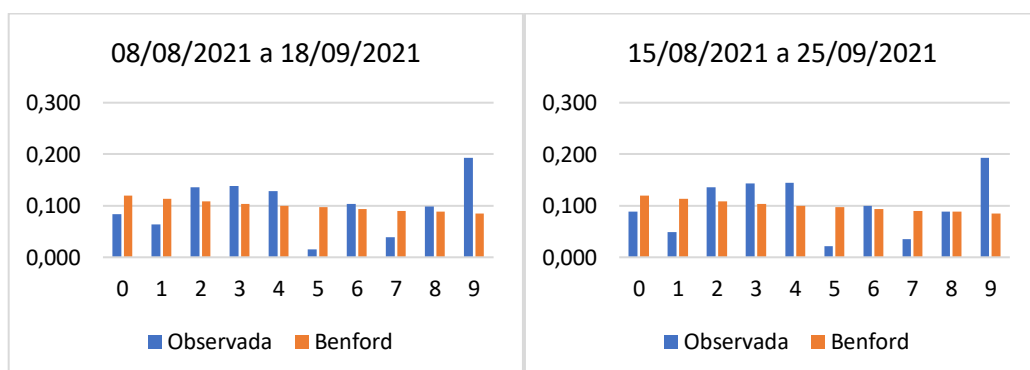
Gráfico 71 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de mortes para os períodos 10/01/2021 a 20/02/2021 e 17/01/2021 a 27/02/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já nos períodos 08/08/2021 a 18/09/2021 e 15/08/2021 a 25/09/2021, há excesso dos dígitos 2, 3, 4 e 9 e conformidade do 6 e do 8, de acordo com a estatística Z a 5% de significância. Percebe-se que a aparição do dígito 9 é muito expressiva em ambos os intervalos de tempo.

Gráfico 72 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste do segundo dígito para número de mortes para os períodos 08/08/2021 a 18/09/2021 e 15/08/2021 a 25/09/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Teste dos dois primeiros dígitos

Um teste mais preciso que pode ser executado é o teste dos dois primeiros dígitos que, diferentemente dos anteriores, divide o grupo de dados em 90 repartições (que vão desde o 10 até o 99) e registra a frequência de aparição da dupla de dígitos na posição estipulada para comparação com a frequência dada de acordo com a Lei de Benford.

Estão dados nas tabelas abaixo os resultados dos cálculos do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos (MDA) para número de casos e de óbitos. Em destaque estão aqueles termos, na primeira coluna, que não superam o valor crítico de 112,022 para 89 graus de liberdade e 5% de significância. É interessante avaliar também que apenas duas amostras possuem conformidade mais que marginal com a Lei de Benford, de acordo com o cálculo da MDA (destacadas em cinza na segunda coluna para número de casos).

Tabela 39 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.

Número de casos			Número de óbitos		
Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA	Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA
23/02/2020 a 04/04/2020	105,895	0,0045	23/02/2020 a 04/04/2020	67,846	0,0120
01/03/2020 a 11/04/2020	99,957	0,0035	01/03/2020 a 11/04/2020	83,106	0,0083
08/03/2020 a 18/04/2020	95,105	0,0031	08/03/2020 a 18/04/2020	102,848	0,0061
15/03/2020 a 25/04/2020	94,719	0,0028	15/03/2020 a 25/04/2020	97,918	0,0047
22/03/2020 a 02/05/2020	79,812	0,0024	22/03/2020 a 02/05/2020	94,815	0,0037
29/03/2020 a 09/05/2020	80,201	0,0023	29/03/2020 a 09/05/2020	75,966	0,0029
05/04/2020 a 16/05/2020	77,656	0,0021	05/04/2020 a 16/05/2020	86,855	0,0027
12/04/2020 a 23/05/2020	64,332	0,0019	12/04/2020 a 23/05/2020	67,255	0,0024
19/04/2020 a 30/05/2020	70,958	0,0020	19/04/2020 a 30/05/2020	63,009	0,0021
26/04/2020 a 06/06/2020	57,560	0,0018	26/04/2020 a 06/06/2020	68,579	0,0022
03/05/2020 a 13/06/2020	51,489	0,0017	03/05/2020 a 13/06/2020	80,507	0,0024
10/05/2020 a 20/06/2020	73,099	0,0021	10/05/2020 a 20/06/2020	85,271	0,0023
17/05/2020 a 27/06/2020	77,255	0,0020	17/05/2020 a 27/06/2020	88,207	0,0026
24/05/2020 a 04/07/2020	73,713	0,0020	24/05/2020 a 04/07/2020	92,621	0,0025
31/05/2020 a 11/07/2020	64,954	0,0020	31/05/2020 a 11/07/2020	98,749	0,0026
07/06/2020 a 18/07/2020	74,262	0,0019	07/06/2020 a 18/07/2020	102,197	0,0026
14/06/2020 a 25/07/2020	68,880	0,0021	14/06/2020 a 25/07/2020	101,977	0,0026
21/06/2020 a 01/08/2020	75,396	0,0021	21/06/2020 a 01/08/2020	120,420	0,0027
28/06/2020 a 08/08/2020	104,308	0,0025	28/06/2020 a 08/08/2020	121,534	0,0029
05/07/2020 a 15/08/2020	158,004	0,0033	05/07/2020 a 15/08/2020	158,990	0,0034

Tabela 40 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.

Número de casos			Número de óbitos		
Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA	Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA
12/07/2020 a 22/08/2020	175,747	0,0035	12/07/2020 a 22/08/2020	236,632	0,0041
19/07/2020 a 29/08/2020	184,495	0,0035	19/07/2020 a 29/08/2020	312,612	0,0048
26/07/2020 a 05/09/2020	200,621	0,0036	26/07/2020 a 05/09/2020	394,819	0,0054
02/08/2020 a 12/09/2020	209,864	0,0038	02/08/2020 a 12/09/2020	471,228	0,0058
09/08/2020 a 19/09/2020	236,107	0,0041	09/08/2020 a 19/09/2020	524,745	0,0061
16/08/2020 a 26/09/2020	275,592	0,0044	16/08/2020 a 26/09/2020	561,076	0,0064
23/08/2020 a 03/10/2020	289,210	0,0047	23/08/2020 a 03/10/2020	595,513	0,0065
30/08/2020 a 10/10/2020	300,559	0,0046	30/08/2020 a 10/10/2020	626,872	0,0064
06/09/2020 a 17/10/2020	338,273	0,0049	06/09/2020 a 17/10/2020	664,575	0,0065
13/09/2020 a 24/10/2020	376,082	0,0053	13/09/2020 a 24/10/2020	714,277	0,0067
20/09/2020 a 31/10/2020	397,471	0,0055	20/09/2020 a 31/10/2020	792,880	0,0067
27/09/2020 a 07/11/2020	415,989	0,0056	27/09/2020 a 07/11/2020	910,788	0,0072
04/10/2020 a 14/11/2020	445,571	0,0060	04/10/2020 a 14/11/2020	986,116	0,0077
11/10/2020 a 21/11/2020	448,629	0,0057	11/10/2020 a 21/11/2020	923,184	0,0075
18/10/2020 a 28/11/2020	472,372	0,0057	18/10/2020 a 28/11/2020	913,815	0,0075
25/10/2020 a 05/12/2020	485,657	0,0056	25/10/2020 a 05/12/2020	963,940	0,0078
01/11/2020 a 12/12/2020	455,466	0,0054	01/11/2020 a 12/12/2020	931,146	0,0078
08/11/2020 a 19/12/2020	394,661	0,0052	08/11/2020 a 19/12/2020	883,756	0,0076
15/11/2020 a 26/12/2020	364,803	0,0048	15/11/2020 a 26/12/2020	857,233	0,0077
22/11/2020 a 02/01/2021	317,344	0,0043	22/11/2020 a 02/01/2021	854,122	0,0078
29/11/2020 a 09/01/2021	315,414	0,0045	29/11/2020 a 09/01/2021	841,047	0,0077

Tabela 41 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.

Número de casos			Número de óbitos		
Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA	Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA
06/12/2020 a 16/01/2021	282,081	0,0044	06/12/2020 a 16/01/2021	832,095	0,0078
13/12/2020 a 23/01/2021	276,318	0,0042	13/12/2020 a 23/01/2021	769,518	0,0074
20/12/2020 a 30/01/2021	307,187	0,0043	20/12/2020 a 30/01/2021	731,066	0,0073
27/12/2020 a 06/02/2021	324,284	0,0044	27/12/2020 a 06/02/2021	706,866	0,0073
03/01/2021 a 13/02/2021	314,224	0,0044	03/01/2021 a 13/02/2021	764,410	0,0074
10/01/2021 a 20/02/2021	332,675	0,0047	10/01/2021 a 20/02/2021	846,292	0,0073
17/01/2021 a 27/02/2021	354,306	0,0049	17/01/2021 a 27/02/2021	917,281	0,0074
24/01/2021 a 06/03/2021	345,835	0,0049	24/01/2021 a 06/03/2021	868,951	0,0076
31/01/2021 a 13/03/2021	332,722	0,0048	31/01/2021 a 13/03/2021	801,102	0,0074
07/02/2021 a 20/03/2021	318,607	0,0049	07/02/2021 a 20/03/2021	729,580	0,0070
14/02/2021 a 27/03/2021	295,542	0,0048	14/02/2021 a 27/03/2021	693,737	0,0064
21/02/2021 a 03/04/2021	312,989	0,0047	21/02/2021 a 03/04/2021	626,725	0,0059
28/02/2021 a 10/04/2021	331,175	0,0049	28/02/2021 a 10/04/2021	555,137	0,0056
07/03/2021 a 17/04/2021	346,039	0,0048	07/03/2021 a 17/04/2021	469,771	0,0053
14/03/2021 a 24/04/2021	376,994	0,0051	14/03/2021 a 24/04/2021	415,382	0,0051
21/03/2021 a 01/05/2021	413,045	0,0053	21/03/2021 a 01/05/2021	391,379	0,0048
28/03/2021 a 08/05/2021	447,417	0,0053	28/03/2021 a 08/05/2021	396,850	0,0049
04/04/2021 a 15/05/2021	473,450	0,0054	04/04/2021 a 15/05/2021	397,015	0,0050
11/04/2021 a 22/05/2021	515,212	0,0059	11/04/2021 a 22/05/2021	395,674	0,0050
18/04/2021 a 29/05/2021	535,127	0,0061	18/04/2021 a 29/05/2021	460,633	0,0055
25/04/2021 a 05/06/2021	546,319	0,0063	25/04/2021 a 05/06/2021	513,229	0,0057
02/05/2021 a 12/06/2021	562,967	0,0062	02/05/2021 a 12/06/2021	554,177	0,0058
09/05/2021 a 19/06/2021	579,240	0,0065	09/05/2021 a 19/06/2021	602,370	0,0061

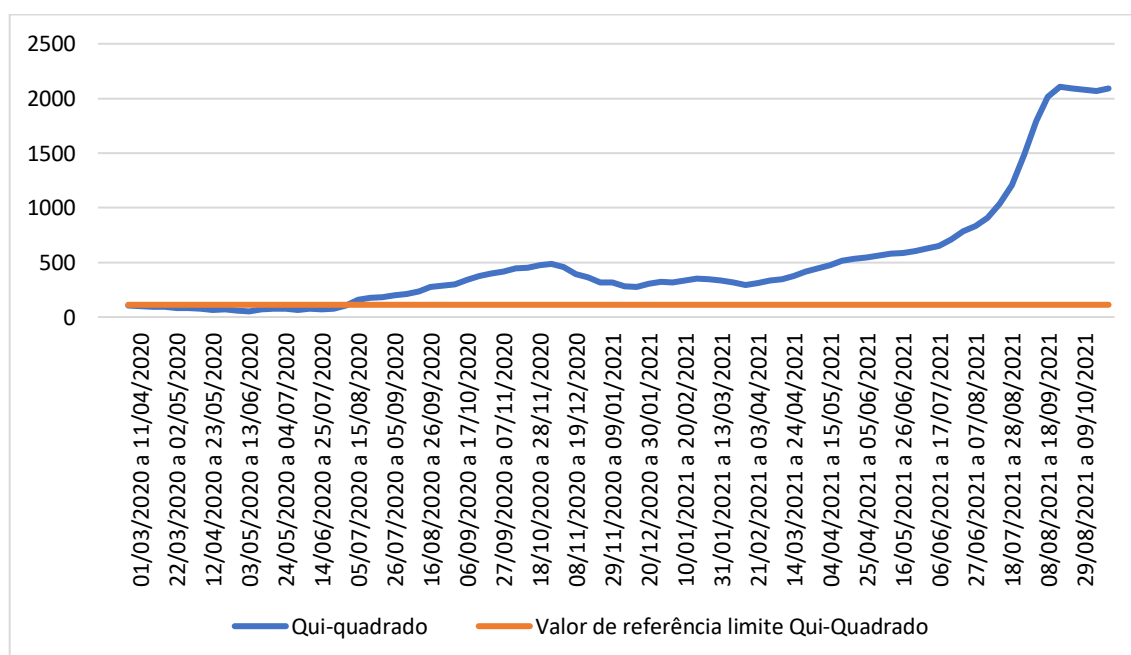
Tabela 42 - Tabelas com resultados do Qui-Quadrado e da Média dos Desvios Absolutos para frequências calculadas no teste dos dois primeiros dígitos.

Número de casos			Número de óbitos		
Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA	Semanas epidemiológicas	Qui-quadrado	MDA
16/05/2021 a 26/06/2021	585,656	0,0065	16/05/2021 a 26/06/2021	615,475	0,0062
23/05/2021 a 03/07/2021	605,116	0,0068	23/05/2021 a 03/07/2021	646,423	0,0064
30/05/2021 a 10/07/2021	628,075	0,0067	30/05/2021 a 10/07/2021	763,626	0,0072
06/06/2021 a 17/07/2021	650,324	0,0066	06/06/2021 a 17/07/2021	889,593	0,0078
13/06/2021 a 24/07/2021	709,471	0,0068	13/06/2021 a 24/07/2021	1026,427	0,0083
20/06/2021 a 31/07/2021	786,085	0,0071	20/06/2021 a 31/07/2021	1173,538	0,0088
27/06/2021 a 07/08/2021	834,109	0,0074	27/06/2021 a 07/08/2021	1231,143	0,0091
04/07/2021 a 14/08/2021	907,342	0,0079	04/07/2021 a 14/08/2021	1331,678	0,0095
11/07/2021 a 21/08/2021	1034,722	0,0082	11/07/2021 a 21/08/2021	1450,636	0,0098
18/07/2021 a 28/08/2021	1204,109	0,0086	18/07/2021 a 28/08/2021	1546,494	0,0100
25/07/2021 a 04/09/2021	1479,711	0,0095	25/07/2021 a 04/09/2021	1718,134	0,0104
01/08/2021 a 11/09/2021	1794,479	0,0105	01/08/2021 a 11/09/2021	1903,041	0,0110
08/08/2021 a 18/09/2021	2014,637	0,0113	08/08/2021 a 18/09/2021	2040,038	0,0112
15/08/2021 a 25/09/2021	2106,673	0,0118	15/08/2021 a 25/09/2021	2188,066	0,0118
22/08/2021 a 02/10/2021	2088,433	0,0117	22/08/2021 a 02/10/2021	2120,082	0,0118
29/08/2021 a 09/10/2021	2077,142	0,0120	29/08/2021 a 09/10/2021	2082,945	0,0118
05/09/2021 a 16/10/2021	2067,562	0,0121	05/09/2021 a 16/10/2021	2079,649	0,0117
12/09/2021 a 23/10/2021	2093,907	0,0120	12/09/2021 a 23/10/2021	2208,160	0,0117

Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Ao avaliar o resultado do teste Qui-Quadrado para números de casos, percebe-se que os meses em que há maior distanciamento da lei de Benford são agosto, setembro, outubro de 2021, seguidos por outubro, novembro (já apontados no teste do primeiro dígito) e dezembro de 2020 (os dois últimos realçados pelo teste do segundo dígito).

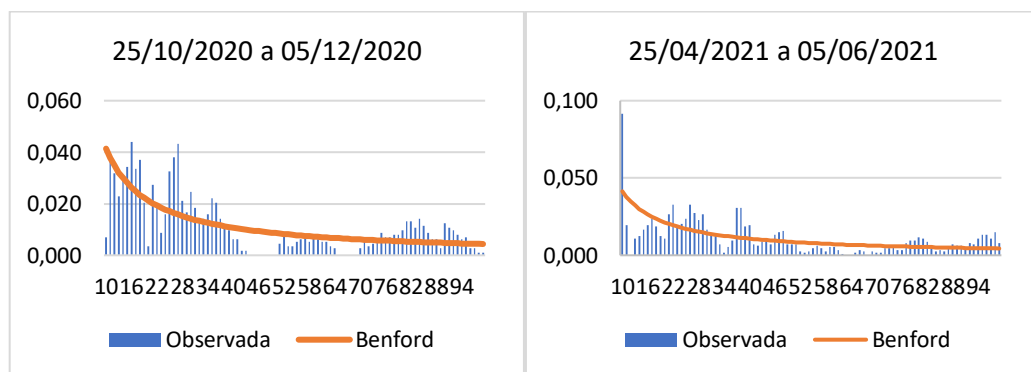
Gráfico 17 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de casos.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Nos dois gráficos abaixo visualiza-se resultados díspares, pelo menos no que diz respeito à primeira dupla de dígitos, o 10. De outubro a dezembro de 2020, os dígitos 1 e 0 apareciam pouco, combinados nas primeiras posições, comparado ao previsto pela Lei de Benford e há pico de registros do 15 e do 27. Mas, de abril a junho, há registros excessivos do 10. Isso indica mudança no perfil dos dados. Outro indicativo da pouca conformidade desses períodos é a estatística Z, 4 ou 5 picos (BUGARIN; CUNHA; PORTUGAL, 2016) são aceitáveis e os dois intervalos ultrapassam esse número.

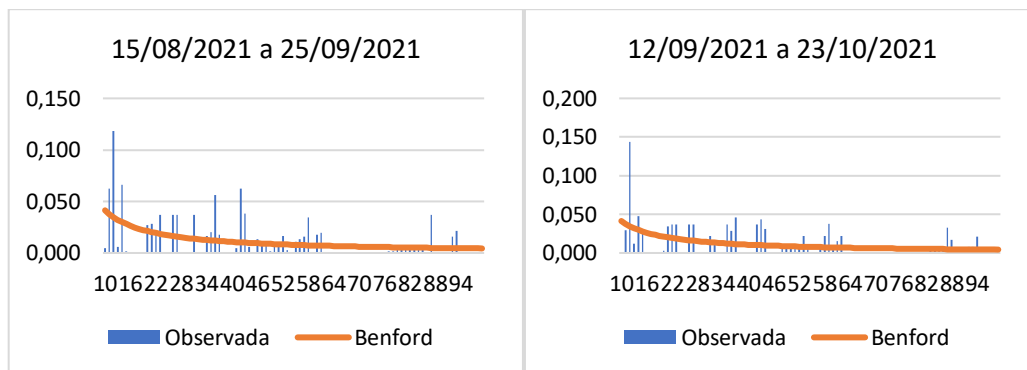
Gráfico 18 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos para os períodos 25/10/2020 a 05/12/2020 e 25/04/2021 a 05/06/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Avaliando os meses em que há maior distanciamento do valor do Qui-Quadrado do limite Qui-Quadrado de referência, percebe-se que ambos os períodos têm um pico registrado no dígito 12 e, no primeiro gráfico, também no 10, 14, 36, 42 e 58, por exemplo. Já no segundo, os picos mais expressivos, além do 12, são 37, 43, 59, 87 e 94. Novamente, as amostras ultrapassam os 5 picos limites para enquadramento na conformidade conforme estatística Z.

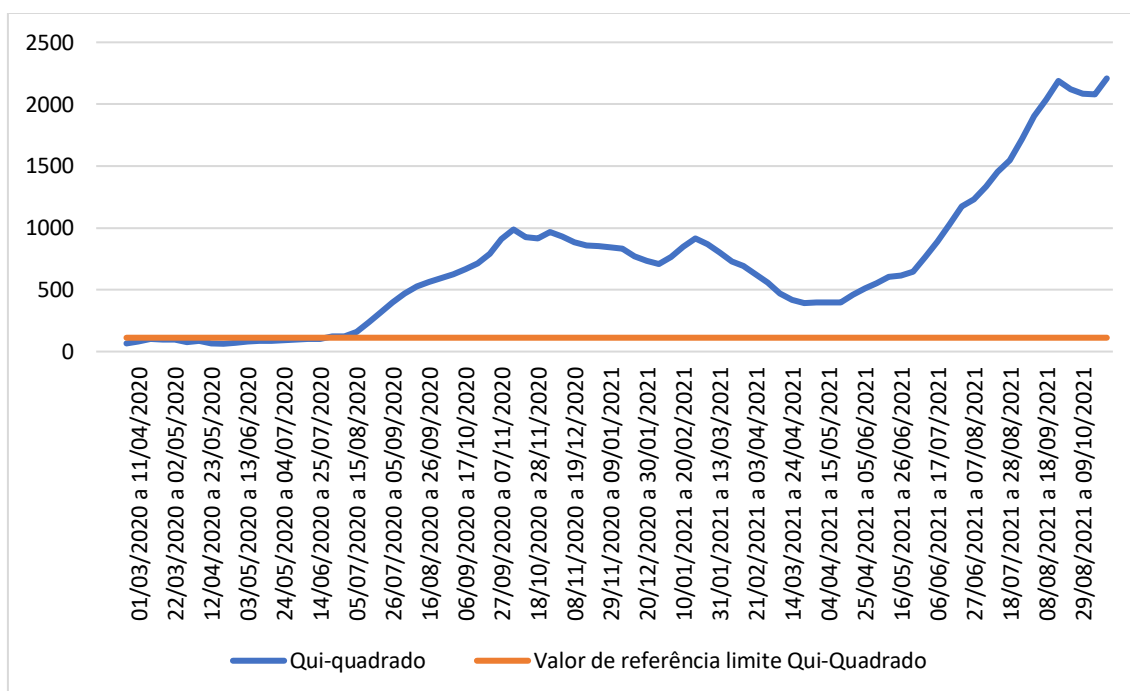
Gráfico 73 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste dos dois primeiros dígitos para número de casos para os períodos 15/08/2021 a 25/09/2021 e 12/09/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Já no tocante ao número de óbitos, a evolução do Qui-Quadrado se dá como visualizado no gráfico abaixo. Os meses que mais chamam a atenção são outubro, novembro e dezembro de 2020 (os dois últimos destacados pelo teste do primeiro dígito), janeiro, fevereiro, agosto, setembro e outubro de 2021 (como salientado nos testes do primeiro e do segundo dígito)

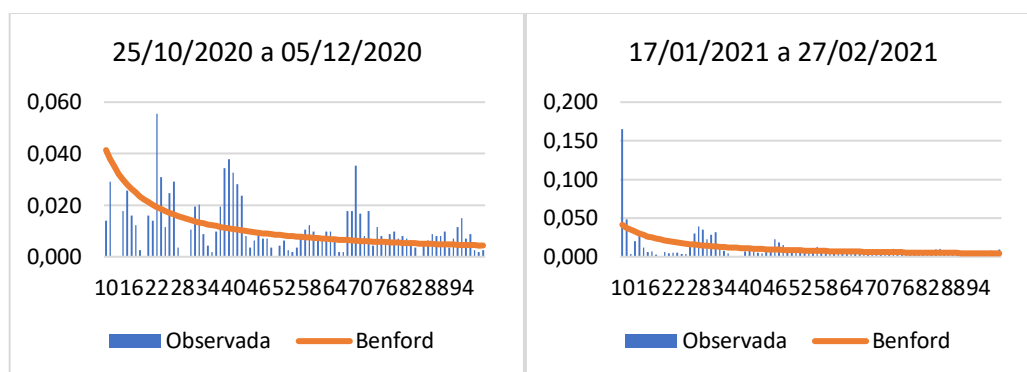
Gráfico 74 - Evolução do Qui-Quadrado calculado para número de mortes.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Os gráficos de comparação das frequências observadas e esperadas (pela Lei de Benford) possuem o formato que segue:

Gráfico 75 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos para os períodos 25/10/2020 a 05/12/2020 e 17/01/2021 a 27/02/2021.

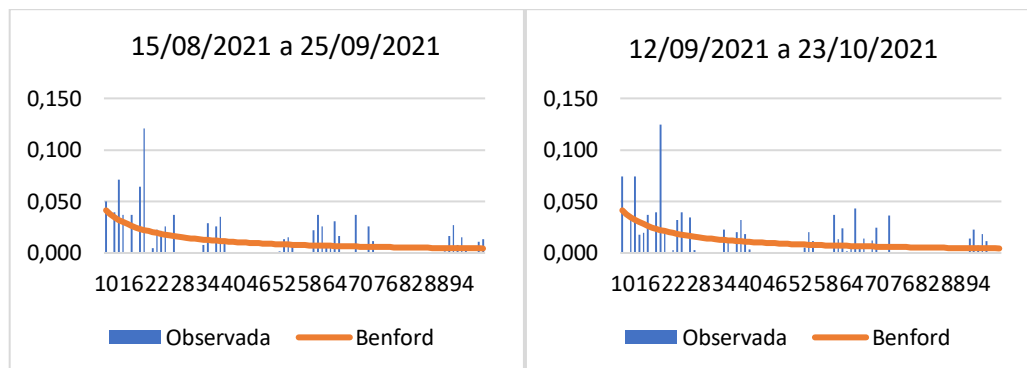


Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Observa-se também, como no caso do número de contaminações, em que há mudança no perfil dos dados, que, em 2020, a primeira dupla de dígitos, 10, aparece com menor intensidade do que em 2021. Em 2020, ainda se percebe picos no 22, no 39 e no 69, mas, em conjunto, o número de dígitos para qual a estatística Z ultrapassa o limite de referência é superior a 5, o que fortalece o indicativo de não conformidade. Em 2021, o mesmo diagnóstico de falta de congruência com a Lei de Benford pode ser feito.

Avaliando os últimos meses de 2021 indicados pelo teste dos dois primeiros dígitos, percebe-se pico no 19. Esses meses também possuem mais de 5 picos.

Gráfico 76 - Frequências observadas e frequências esperadas para teste dos dois primeiros dígitos para número de óbitos para os períodos 15/08/2021 a 25/09/2021 e 12/09/2021 a 23/10/2021.



Fonte: Dados do Ministério da Saúde do Brasil. Elaboração própria.

Conclusões do capítulo

Recapitulando os resultados encontrados, o teste do primeiro dígito indica, para o número de casos, a necessidade de observação mais minuciosa dos meses outubro e novembro de 2020 e abril e maio de 2021. O teste do segundo dígito, novembro e dezembro de 2020 e maio, junho, setembro e outubro de 2021. E o teste dos dois primeiros dígitos, outubro, novembro e dezembro de 2020 e abril, maio, junho, agosto, setembro e outubro de 2021.

Já para número de óbitos, é interessante a avaliação principalmente dos dados dos meses novembro e dezembro de 2020 e agosto, setembro e outubro de 2021 (os três últimos indicados pelo teste do segundo dígito que também aponta janeiro e fevereiro), pelo teste do primeiro dígito. O teste dos dois primeiros dígitos adiciona ao rol de meses outubro de 2020.

Destaca-se, em janeiro de 2021, a crise sanitária já citada visualizada em Manaus, capital do Amazonas. Posterior ao ápice do colapso do sistema de saúde, do dia 17 de janeiro de 2021 até o dia 27 de fevereiro de 2021, percebe-se, como mostrado anteriormente, excesso do número 10 nos dados de mortes causadas por COVID-19.

Outro fato histórico relevante foi a instalação da Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da COVID-19 no final de abril de 2021, mês com maior número de mortes dentro da amostra analisada.

Os trabalhos da CPI podem ser descritos como seguem:

“O Senado instalou a CPI da COVID-19, Comissão Parlamentar de Inquérito para apurar ações e omissões do governo federal e eventuais desvios de verbas federais enviadas aos estados para o enfrentamento da pandemia. A comissão visa ouvir autoridades, ex-ministros, executivos de empresas de saúde e outras pessoas relacionadas à gestão da pandemia.” (SANAR, 2021)

Os resultados do teste Qui-Quadrado têm tendência de crescimento não interrompida a partir de abril até junho para número de casos, o que demonstra aumento da desconformidade com a Lei de Benford, o que pode ter sido resultado da pressão exercida pela CPI ou pelo número grande de óbitos registrado em abril de 2021, dado que de abril a junho, no período de 25 de abril de 2021 a 05 de junho de 2021, há excesso do número 10. O que pode enfraquecer essa hipótese é a frequência observada maior do que a esperada também de números maiores a partir de 90.

Explicações possíveis para a disparidade de conformidade dos meses são apresentadas por Lee, Han, Jeong (2020). Os autores informam sobre a não conformidade dos dados de COVID-19 em regiões e épocas de estabilização, tornando válida assim uma investigação da congruência das maiores discrepâncias com períodos de maior estabilização dos quadros dos países que registram a presença da doença. A essa explicação se somam a possibilidade de manipulação de dados, os efeitos que a vacinação pode ter causado no número de casos e de óbitos a partir de 2021 e a possibilidade de mudança de critérios de testagem no decorrer do tempo selecionado.

REFERÊNCIAS

BARRETO et al. Colapso na Saúde em Manaus: o fardo de não aderir às medidas não farmacológicas de redução da transmissão da COVID-19. Scielo Pre Prints, 2021. Disponível em <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/1862/version/1975>.

BENFORD, Frank. The law of anomalous numbers. Proceedings of the American Philosophical Society, v.78, p.551-572, 1938.

BERGER, Arno; Hill, Theodore. An Introduction to Benford's Law. Princeton University Press, 2015.

BOSCHIERO, M.N.; PALAMIM, C.V.C.; ORTEGA, M.M.; MAUCH, R.M. e MARSON, F.A.L. One Year of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Brazil: A Political and Social Overview. Annals of Global Health, 87(1), p.44, 2021.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. Financiamento da Covid-19, inflação e restrição fiscal. Brazil. J. Polit. Econ., São Paulo, v. 40, n. 4, p. 604-621, 2020.

BUGARIN, Mauricio; COVID-19 e a inevitável Lei dos Números Anômalos: Resultados Preliminares. Conceito Jurídico, nº 46, 2020.

BUGARIN, Mauricio. COVID-19 e Teoria Econômica: risco & incerteza. Conceito Jurídico nº44, 2020.

BUGARIN, Mauricio; CUNHA, Flávia. Lei de Benford aplicada à auditoria da reforma do Aeroporto Internacional de Minas Gerais. Revista do Setor Público, 2017.

BUGARIN, Maurício S.; CUNHA, Flávia C. R.; PORTUGAL, Adriana C. Seleção de amostra de auditoria de obras públicas pela Lei de Benford – versão estendida. IBRAOP. São Paulo, 2016.

CAFÉ, Patrícia; BUGARIN, Mauricio; PORTUGAL, Adriana. “Auditoria de obras públicas e Lei de Benford – o caso do Expresso DF Sul no Distrito Federal”. Revista do Serviço Público, 2021.

CAFÉ, R. M. O uso da lei de Benford na auditoria de obras públicas: o caso do VLP. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (monografia bacharelado em economia).

CASERO-RIPOLLÉS, A. Impacto da Covid-19 nos sistemas de mídia: consequências comunicativas e democráticas do consumo de notícias durante o surto. Comunicação & Educação, v. 25, n. 1, p. 109-129, 2020.

CASTRO, Marcia C.; KIM, Sun; BARBERIA, Lorena; RIBEIRO, Ana Freitas; GURZENDA, Susie; RIBEIRO, Karina Braga; ABBOTT, Erin; BLOSSOM, Jeffrey; RACHE, Beatriz; SINGER, Burton H. Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil. Science, Vol. 372, Issue 6544, pp. 821-826, 2021.

COVID-19 in Brazil: “So what?”. The Lancet, 2020. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)31095-3/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31095-3/fulltext). Acesso em 23 de junho de 2021.

CHO, Wendy; GAINES, Brian. “Breaking the (Benford) Law: Statistical Fraud Detection in Campaign Finance”. The American Statistician, v. 61, 2007.

CORRÊA, Paulo Roberto Lopes et al. A importância da vigilância de casos e óbitos e a epidemia da COVID-19 em Belo Horizonte. Revista Brasileira de Epidemiologia 2020, v.23, 2020.

CUNHA, Flávia Ceccato Rodrigues da; BUGARIN, Maurício Soares. A didactic note on the use of Benford’s Law in public works auditing, with an application to the construction of the Brazilian “Amazon Arena” 2014 World Cup soccer stadium. Economia (Yokohama), 2015.

CUNHA, Flávia Ceccato Rodrigues da; BUGARIN, Maurício Soares. Benford's Law and Public Works Audit: an analysis of overpricing in the maracanã remodeling. Revista do TCU, nº 131, 2014.

CUNHA, Flávia Ceccato Rodrigues da; BUGARIN, Maurício Soares. Benford Law for audit of public works: An analysis of overpricing in Maracanã soccer arena's renovation. Economics Bulletin, 2015.

CUNHA, Flávia Ceccato Rodrigues da; BUGARIN, Maurício Soares. Lei de Benford para a Auditoria de obras públicas: análise de sobrepreço na construção da Arena da Amazônia. BLC – Boletim de Licitações e Contratos, 2015.

DRAKE, P.; NIGRINI, M. Computer assisted analytical procedures using Benford's Law. Journal of Accounting Education, 2000.

DONG, E; DU, H; GARDNER, L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time: banco de dados. Disponível em: <www.coronavirus.jhu.edu/map.html>. Acesso em 01 maio de 2021.

DURTSCHI, C.; HILLISON, W.; PACINI, C. "The Effective Use of Benford's Law to Assist in Detecting Fraud in Accounting Data". Journal of Forensic Accounting, 2004.

Entenda como é calculada a média móvel e a variação dos casos e mortes por Covid-19. G1, 27 de julho de 2020. Disponível em:<<https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/07/27/entenda-como-e-calculada-a-media-movel-e-a-variacao-dos-casos-e-mortes-por-covid-19.ghtml>>. Acesso em 11 de dezembro de 2021.

FMI [Fundo Monetário Internacional] World Economic Outlook (WEO): Managing Divergent Recoveries, 2021. Disponível em: <<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/03/23/world-economic-outlook-april-2021>>. Acesso em 3 de julho de 2021.

GARRETT, Gilson; JUSTO, Gabriel. Festas de fim de ano podem levar a explosão de casos de covid-19. Exame, 13 de dezembro de 2020. Disponível em: <<https://exame.com/brasil/festas-de-fim-de-ano-podem-levar-a-explosao-de-casos-de-covid-19/>>. Acesso em 11 de dezembro de 2021.

IDROVO, A. J.; MANRIQUE-HERNÁNDEZ, E. F.; FERNÁNDEZ NIÑO, J. A. Report From Bolsonaro's Brazil: The Consequences of Ignoring Science. *International Journal of Health Services*, 2021, 51(1), 31–36.

KOCH, C.; OKAMURA, K. Benford's Law and COVID-19 reporting. *Economics letters*, nº 196, 2020.

LEE, Kang-Bok; HAN, Sumin; JEONG, Yeasung. COVID-19, flattening the curve, and Benford's law, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, nº 559, 2020.

Linha do tempo do Coronavírus no Brasil. Sanar, 2021. Disponível em: <https://www.sanarmed.com/linha-do-tempo-do-coronavirus-no-brasil>

MEBANE, Walter. "Election Forensics: Vote Counts and Benford's Law. Summer Meeting of the Political Methodology Society. Papers, Posters and Syllabi, N°620, 2006.

MICHALSKI, Tomasz; STOLTZ, Gilles. Do countries falsify economic data strategically? Some evidence that they might. *Review of Economics and Statistics*, Massachusetts Institute of Technology Press (MIT Press), 2013.

MILLER, Steven. *Benford's Law. Theory & Applications*. Princeton University Press. 2015.

MITTERMAIER, L. e NIGRINI, M. "The use of Benford's Law as an aid in analytical procedures." *Auditing: A Journal of Practice & Theory*. Fall, 1997.

NEWCOMB, Simon. Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers. *The American Journal of Mathematics*, v. 4, p.39-40, 1881.

NIGRINI, M. Benford's Law: Applications for Forensic Accounting Auditing, and Fraud Detection". John Wiley & Sons. 2012.

Painel Coronavírus: banco de dados. Disponível em <[www. covid.saude.gov.br](http://www.covid.saude.gov.br)>. Acesso em 01 maio de 2021.

PRADO, Marcelo Freitas do et al. Análise da subnotificação de COVID-19 no Brasil. Rev. bras. ter. intensiva, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 224-228, 2020.

PINKHAM, R. On the distribution of first significant digits. Annals of Mathematical Statistics, v. 32, p. 1223-1230, 1961.

OIT [Organização Internacional do Trabalho] World Employment and Social Outlook. Trends 2021, 2021. Disponível em http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_795453.pdf. Acesso em 24 de julho de 2021.

ORELLANA, Jesem Douglas Yamall et al. Excesso de mortes durante a pandemia de COVID-19: subnotificação e desigualdades regionais no Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 37, n. 1, 2021.

ROCHA, Lucas. O que são ondas da Covid-19 e por que o Brasil pode estar diante da terceira. CNN Brasil, 2021. Disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/2021/05/30/o-que-sao-ondas-da-covid-19-e-por-que-o-brasil-pode-estar-diante-da-3>. Acesso em 23 de junho de 2021.

SILVA, Lucas; FIGUEIREIDO, Dalson Filho. Using Benford's law to assess the quality of COVID-19 register data in Brazil, Journal of Public Health, nº43, 2021.

SILVA, R. R.O. Em busca de transparência: a lei de Benford aplicada às despesas eleitorais. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (monografia em bacharelado em economia).

THOMAS, J. "Unusual patterns in reported earnings". The Accounting Review, nº 64, 1979.

VALENTE, Jonas; SOUZA, Ludmilla; TOKARNIA, Mariana. Saiba como cada estado está retomando as atividades econômicas no país. Agência Brasil, 2020. Disponível em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-06/saiba-como-estados-brasileiros-estao-retomando-a-atividade-economica>. Acesso em 28 de setembro de 2021.

VASCONCELOS, Giovani L.; BRUM, Arthur A.; ALMEIDA, Francisco A. G; MACÊDO, Antônio M. S.; DUARTE-FILHO, Gerson C.; OSPINA, Raydonal. Standard and anomalous waves of COVID-19: A multiple-wave growth model for epidemics. medRxiv, 2021. Disponível em: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.01.31.21250867v4>.

VARIAN, H., "Benford's Law". The American Statistician, nº 26, 1972.