

# APLICAÇÃO DA LEI DE NEWCOMB-BENFORD PARA ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE FRAUDE EM EMPENHOS DE RESTOS A PAGAR NÃO PROCESSADOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS NO PERÍODO DE 2018 A 2022

## APPLYING NEWCOMB-BENFORD LAW TO ANALYZE THE POSSIBILITY OF FRAUD IN E A FINANCIAL COMMITMENTS DEBTS IN THE STATE OF MINAS GERAIS FROM 2018 TO 2022



### Frederico Martins de Paula Neto

Mestre em Administração Pública pela Escola de Governo da Fundação João Pinheiro (2022).  
Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009).  
Atualmente é docente na Escola de Governo da Fundação João Pinheiro e no  
Instituto Federal do Sul de Minas.

### Ricardo Carneiro

Doutor em Ciências Humanas: Sociologia e Política pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999). Mestre em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais (1990) e graduado em Matemática pela Universidade Federal de Minas Gerais (1975). É professor e pesquisador da Escola de Governo Paulo Neves de Carvalho da Fundação João Pinheiro. Ex-diretor da Escola de Governo e ex-Presidente da Fundação João Pinheiro. Tem experiência nas áreas de economia do setor público, administração pública, ciência política e sociologia, atuando principalmente nos seguintes temas: análise de impacto ambiental, análise organizacional e institucional, formulação e avaliação de políticas públicas, planejamento governamental, gestão urbana e metropolitana e reforma do Estado.

**Sumário:** 1. Introdução; 2. Aplicação da Lei de Newcomb-Benford na busca de transparência das contas públicas; 3. Limitações da aplicação da Lei de Newcomb-Benford; 4. Metodologia; 5. Análise e discussão de resultados; 6. Conclusões; Referências.

**Resumo:** O presente artigo científico aborda a aplicação dos princípios de Newcomb-Benford na análise de gastos públicos, com foco na detecção de possíveis irregularidades nas contas públicas. Em especial, analisa os Restos a Pagar Não Processados utilizando de tecnologias de processamento de dados, em especial, a Lei de Newcomb-Benford, para identificar possíveis inconsistências nos valores empenhados. O estudo realizou a replicabilidade de pesquisas anteriores, testando amostras de valores empenhados como Restos a Pagar Não Processados. A metodologia incluiu a coleta de dados do Portal de Transparência das contas do Poder Executivo de Minas Gerais entre 2018 e 2022. Os resultados indicaram que a distribuição dos valores empenhados não estava em conformidade com a distribuição teórica de Benford, tanto para o primeiro quanto para os dois primeiros dígitos dos valores empenhados. Os resultados sugerem que os registros de Restos a Pagar Não Processados podem não refletir as necessidades reais do orçamento em Minas Gerais. Embora isso não seja prova de má conduta, recomenda-se a realização de testes e análises adicionais para identificar possíveis manipulações de dados em órgãos do estado. Como limitação, o estudo não examinou individualmente cada Unidade Financeira do estado, e estudos futuros são sugeridos para investigar essa dimensão. Em resumo, este artigo destaca a importância da análise estatística na detecção de irregularidades nos gastos públicos, contribuindo para uma gestão mais transparente e eficiente dos recursos públicos.

**Abstract:** This scientific paper discusses the application of Newcomb-Benford principles in the analysis of public spending, with a focus on the detection of possible irregularities in public accounts. It analyzes a form of public

expenditure commitment, known in Brazil as *Restos a Pagar Não Processados (RPNP)*, using data processing technologies, especially the Newcomb-Benford Law, to identify possible inconsistencies in its values. The study replicates previous research, testing samples of values committed as RPNP. The methodology included the scraping of data from the Transparency Portal of the Minas Gerais state between the years of 2018 and 2022. The results indicated that the distribution of the analyzed values was not in accordance with the theoretical distribution proposed by Benford, both for the first and for the two first digits of the committed values. The results suggest that the value of RPNP inscribed in the public debt system may not reflect the real budget need in Minas Gerais state. Although this is not proof of misconduct, it is recommended that additional tests and analyses be carried out to identify possible data manipulation in state agencies and branches. As a limitation, the study did not examine each Financial Unit of the state individually, and future studies are suggested to investigate this dimension.

**Palavras-chave:** Orçamento público. Restos a pagar. Newcomb-Benford. Tribunal de Contas.

**Keywords:** Public Budget. Unpaid Commitments. Newcomb-Benford. Court of Auditors.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios no campo das finanças públicas se liga à busca pela maior qualidade dos gastos públicos, tanto por vias de maior eficiência na alocação dos recursos como uma maior eficácia em seus resultados. Nesse quadro, atualmente tanto as agências públicas quanto os órgãos de controle externo têm tentado desenvolver ferramentas tecnológicas para facilitar a detecção de fraudes no sistema de empenhos e pagamentos dos governos.

Especificamente no Brasil, com a edição da Lei de Responsabilidade Fiscal, o controle dos gastos se tornou foco, dada a necessidade de prestação de informação constante e a imposição do princípio da transparência pública como base. Em igual medida, nas duas primeiras décadas dos anos 2000, o grande aumento da quantidade de informação disponibilizada por digital tornou uma obrigação o uso de tecnologias de processamento de dados na análise de demonstrativos contábeis e fiscais dos governos em todas as suas instâncias (OLIVEIRA; MILANI FILHO, 2016)

Uma dessas técnicas tem sido a aplicação dos princípios de Newcomb-Benford (BENFORD, 1938; PRADO *et al.*, 2017) para o tratamento de grandes quantidades de dados, na busca de indícios de inconsistência, em especial, na área fiscal (NIGRINI, 1996) e análise de contas públicas.

No presente artigo, foi realizada a replicabilidade de estudos anteriores (CELLA; ZANOLLA, 2018; CUNHA; BUGARIN, 2014; PRADO *et al.*, 2017; SILVA, 2022), que realizaram a testagem de amostras de grupos de valores empenhados como Restos a Pagar Não Processados (RPNP) na tentativa de identificar discrepâncias com base nos princípios de Benford. Os resultados desses trabalhos apontam para uma boa precisão nos testes baseados no algoritmo de Benford como preditor de possíveis fraudes ou erros de lançamentos.

Para fins de melhor estruturar a leitura e análise, o trabalho se divide em cinco seções, sendo esta primeira introdução complementada pela seção dois, com a revisão teórica, a seção três, que contém a metodologia do estudo e bases para sua replicabilidade, a quatro, com análise e discussão de resultados, e a quinta seção, que encerra uma conclusão.

## 2 APLICAÇÃO DA LEI DE NEWCOMB-BENFORD NA BUSCA DE TRANSPARÊNCIA DAS CONTAS PÚBLICAS

Os princípios que regem o que hoje chamamos de Lei dos Números Anômalos foram inicialmente propostos por Simon Newcomb (1881), quando este percebeu em visitas a bibliotecas que, nos antigos livros contendo tabelas logarítmicas, as folhas aparentavam maior desgaste nas primeiras páginas, contendo valores iniciados com algarismos um e dois, indicando que elas costumavam ser mais manuseadas. Por outro

lado, as páginas contendo valores iniciados por oito e nove mantinham-se mais conservadas, o que levou o pensador a concluir que a frequência de uso diminuía. Assim, Newcomb estabeleceu uma relação de probabilidade de ocorrência do primeiro e segundo dígitos associados ao uso das tabelas de logaritmos (SILVA; TRAVASSOS; COSTA, 2017).

Posteriormente, Benford (1938) replicou os estudos de Newcomb em mais de vinte mil amostras aleatórias, chegando a uma tabela de distribuição teórica com as frequências esperadas para que o primeiro algarismo significativo estivesse entre 1 e 9. Esse fenômeno ficou conhecido como Lei de Benford, embora seja também chamado de Lei de Newcomb-Benford, Lei dos Números Anômalos ou Lei do Primeiro Dígito.

**Quadro 1 – Frequências esperadas pela Lei de Benford**

Dígito	1ª posição	2ª posição	3ª posição	4ª posição
0	-	11.968	10.178	10.018
1	30.103	11.389	10.138	10.014
2	17.609	19.882	10.097	10.010
3	12.494	10.433	10.057	10.006
4	9.691	10.031	10.018	10.002
5	7.918	9.668	9.979	9.998
6	6.695	9.337	9.940	9.994
7	5.799	9.035	9.902	9.990
8	5.115	8.757	9.864	9.986
9	4.576	8.500	9.827	9.982

**Fonte:** adaptado de Nigrini (1996); Oliveira e Milani Filho (2016).

Posteriormente, estudos verificaram que poderiam ser criadas tabelas de frequências esperadas similares, para a apresentação dos algarismos de 0 a 9 da segunda posição em diante (OLIVEIRA; MILANI FILHO, 2016).

Ainda assim, testes envolvendo a Lei de Newcomb-Benford geralmente são desenvolvidos utilizando como base apenas o primeiro dígito significativo dos valores identificados na amostra (NIGRINI, 1996; CUNHA; BUGARIN, 2014; SILVA; TRAVASSOS; COSTA, 2017; CELLA; ZANOLLA, 2018). Todavia, alguns estudos recentes propuseram que as análises não estejam concentradas apenas no primeiro dígito significativo (DIEKMANN, 2007).

Segundo Diekmann (2007), ao se realizar uma análise com base nos desvios entre as frequências observadas e esperadas junto ao segundo dígito significativo, dados forçados ou preenchidos de forma voluntariamente incorreta – e provavelmente falsos – seriam mais facilmente identificáveis, por terem a diferença mais pronunciada.

Expandindo essa noção, Hill (1995) expôs tabela contendo a distribuição esperada, dentro das probabilidades da Lei de Newcomb-Benford, mas considerando o conjunto dos dois primeiros dígitos dos algarismos no conjunto analisado:

**Tabela 1 – Frequências esperadas pela Lei de Benford para dois primeiros algarismos**

		Segundo dígito										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\approx \Sigma$
P r i m e i r o  d í g i t o	1	4.14	3.78	3.48	3.22	3.00	2.80	2.63	2.48	2.35	2.23	30.10
	2	2.12	2.02	1.93	1.85	1.77	1.70	1.64	1.58	1.52	1.47	17.61
	3	1.42	1.38	1.34	1.30	1.26	1.22	1.19	1.16	1.13	1.10	12.49
	4	1.07	1.05	1.02	1.00	0.98	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88	9.69
	5	0.86	0.84	0.83	0.81	0.80	0.78	0.77	0.76	0.74	0.73	7.92
	6	0.72	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	6.69
	7	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	5.80
	8	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	5.12
	9	0.48	0.47	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	4.58
$\approx \Sigma$	11.97	11.39	10.88	10.43	10.03	9.67	9.34	9.04	8.76	8.50		

Fonte: Hill (1995, p. 355).

Os procedimentos de auditoria no Brasil, apoiados na Lei dos Números Anômalos, geralmente se utilizam de testes Z (*Z-test*) e de  $X^2$  (*Chi-squared*) para averiguar a conformidade de amostras de valores à distribuição padrão proposta por Benford (CELLA; ZANOLLA, 2018).

Via de regra, nos casos de aplicação do Teste Z, mensura-se a frequência obtida para o dígito analisado – ou conjunto de dígitos – e verifica-se se ela difere estatisticamente da frequência teórica apresentada pela Lei de Benford. Esse teste leva em conta a amplitude dessa diferença entre as frequências esperada e obtida, comparando com o tamanho do banco de dados (NIGRINI, 2012).

Já o teste Teste Qui-Quadrado (QQ) costuma ser utilizado para se testar certa aderência da distribuição real do primeiro, dos dois primeiros ou de outro conjunto de dígitos do banco de números com a prevista pela Lei de Benford (VIANA, 2021). De maneira resumida, os testes QQ não são desenvolvidos especificamente para aplicação na Lei de Benford, mas podem ser utilizados em pesquisas que a englobam porque comparam um conjunto (qualquer) de resultados reais com um conjunto (qualquer) de resultados esperados (CUNHA; BUGARIN, 2015).

### 3 LIMITAÇÕES DA APLICAÇÃO DA LEI DE NEWCOMB-BENFORD

A aplicação da Lei de Newcomb-Benford na busca de transparência das contas públicas tem sido apontada como uma ferramenta promissora, mas também apresenta algumas limitações. Uma delas é que a Lei de Newcomb-Benford não é capaz de detectar, sem probabilidade de erro, possíveis fraudes no banco de dados. Isso ocorre porque a Lei de Newcomb-Benford é baseada em uma distribuição probabilística, e os desvios da distribuição padrão podem ser causados por fatores que não necessariamente indicam fabricação de números, tais como erros de digitação, erros de conversão de unidades, alterações de valores por motivos legítimos, inserção de valores verdadeiros, mas que sejam extremos (*outliers*) ou discrepantes – como valores muito altos em contratações de obras ou muito baixos em empenhos que, na verdade, deveriam ter sido o saldo cancelado por insubsistência do débito – ou que possam ser explicados por fatores reais relativos à correta aplicação de políticas públicas (CUNHA; BUGARIN, 2014).

Outra limitação é que a aplicação da Lei de Newcomb-Benford pode ser complexa e exigir conhecimentos técnicos especializados. Isso pode dificultar seu uso por parte de órgãos de controle e auditoria que não possuem recursos humanos especializados ou máquinas com capacidade de processamento de dados suficiente para rodar os softwares recomendados (CELLA; ZANOLLA, 2018).

Para superar essas limitações, a literatura recomenda o desenvolvimento de métodos de aplicação da Lei de Newcomb-Benford que sejam mais eficazes na detecção de fraudes e erros (SILVA; TRAVASSOS; COSTA, 2017). Esses métodos poderiam incluir o desenvolvimento de algoritmos mais robustos que sejam capazes de identificar desvios da distribuição padrão mesmo em casos de erros de digitação, conversão de unidades ou alterações de valores por motivos legítimos.

Complementarmente, o treinamento para análise gráfica de dados que facilitam a interpretação dos resultados da aplicação da Lei de Newcomb-Benford junto a servidores das agências de controle pode ser importante. A realização de treinamentos e capacitações para órgãos de controle e auditoria sobre o uso da lei é, pois, recomendada.

#### **4 METODOLOGIA**

Foram coletados dados referentes aos valores em restos a pagar não processados no Estado de Minas Gerais, conforme valores disponibilizados no Portal de Transparência estadual (MINAS GERAIS, 2023). As colunas de interesse foram selecionadas para o órgão, função, elemento e item da despesa, além dos favorecidos. Essas colunas foram especificamente escolhidas entre outras possíveis, como função, ação ou grupo de despesa, devido a individualizar de maneira suficiente à pesquisa os dados, sem sobrecarregar o tamanho dos bancos de dados.

Por outro lado, apesar de não terem feito parte do escopo específico da presente pesquisa, a inclusão dos favorecidos no banco de dados pode permitir, no futuro, sua análise em unidades mais profundas, como, inclusive, a verificação se existe determinada empresa especificamente apontada como envolvida em números possivelmente discrepantes.

O recorte temporal envolveu os valores inscritos entre os anos de 2018 e 2022, de forma a refletir os últimos cinco anos fiscais disponíveis e consolidados. Secundariamente, houve interesse de que o recorte englobasse os dois anos anteriores à pandemia da Covid-19, os dois anos da fase mais aguda da emergência em saúde pública, e o primeiro ano posterior.

Após o download dos dados, estes foram preparados para produção de estatísticas descritivas básicas. Esse passo envolveu inicialmente a exclusão dos empenhos em resto a pagar não processados relativos a pessoas físicas, mantendo-se apenas empenhos que tivessem números do Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ) como beneficiários.

Também foram excluídos todos os empenhos que, apesar de constarem do banco de dados do Portal de Transparência do Governo do Estado de Minas Gerais, possuísem a coluna inscrita como resto a pagar não processado com valor zerado. Isso fez com que se desconsiderassem os restos a pagar processados, além de possíveis erros do próprio sistema de transparência.

Assim, de um total inicial de 393.356 (trezentos e noventa e três mil trezentos e cinquenta e seis) pontos de dado, foram selecionados 40.798 (quarenta mil setecentos e noventa e oito) empenhos sem o valor da coluna restos a pagar não processados zerado, dos quais 25.558 (vinte e cinco mil quinhentos e cinquenta e oito) tinham o beneficiário como pessoa jurídica.

Na fase de aplicação dos testes de Benford, para fins de adequação da distribuição, foram excluídos todos os valores inferiores a R\$ 0,10 (dez centavos de real). Essa preparação levou em consideração a necessidade de remoção de valores em base da integral de potências de 10 e foi carreada visando evitar a contaminação dos dados com informações incorretas ou desprezíveis (NIGRINI, 2012). Todavia, após a análise, não houve diminuição da amostra.

Posteriormente, todos os valores da lista foram multiplicados por  $10^3$ , visando evitar problemas com a leitura dos dois primeiros dígitos nos casos em que os valores eram menores que um mil, visto que o segundo dígito poderia ser a casa decimal. Após essa preparação dos dados, foi construída uma amostra contendo as colunas com os primeiros dois dígitos significativos, entre 10 e 99, as contagens real e teórica por Benford da sua distribuição, o valor absoluto das diferenças entre as duas contagens e a estatística Z com base nos valores anteriores.

A essa amostra, foi aplicada a função *benford*, presente no pacote *Benford Analysis for Data Validation and Forensic Analytics* (CINELLI, 2018), que inclui o teste Qui Quadrado (*Chi-squared*), retornando um *p*-valor para análise dentro do intervalo de confiança. Complementarmente, o teste apresenta a raiz do desvio quadrático médio (*root mean square deviation (RMSD)*) – entre a distribuição real da amostra e a distribuição de Benford.

A programação foi realizada através da linguagem R v. 3.6.3 (R Core Team, 2020) e processada através do software R Studio v. 1.4.1717 “Juliet Rose” for macOS (R Studio Team, 2020). Toda a base de dados, o código de programação com a indicação dos pacotes empregados e as saídas foram disponibilizados no repositório *Harvard Dataverse* (<https://doi.org/10.7910/DVN/6OUN0B>).

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados da estatística descritiva encontraram uma amostra com  $n = 25.558$  linhas descritivas com valores inscritos como restos a pagar não processados em Minas Gerais, no período entre 2018 e 2022. Ressalta-se que o sistema desenvolvido pelo estado não apresenta valores individualizados por empenho, mas por credor, de forma que é possível que haja mais empenhos do que esse número, considerando a possibilidade de dois ou mais empenhos em nome do mesmo credor.

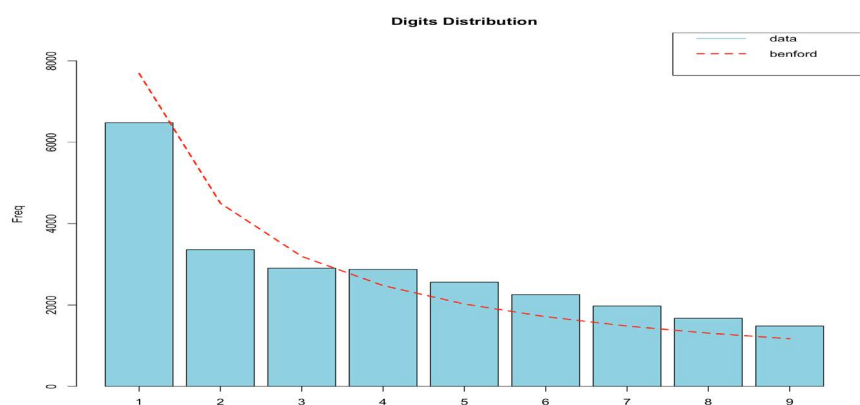
Ao todo, foram identificadas 314 pessoas jurídicas credoras de RPNP no estado no período, das quais 25,15% em 2018, 22,29% em 2019, 19,10% em 2020, 17,83% em 2021 e 15,63% em 2022. Houve, assim, variação de -37% no número de CNPJ inscritos com RPNP comparando o primeiro e o último ano da amostra.

Em relação à comparação entre a distribuição real obtida da amostra para o primeiro dígito e a distribuição teórica proposta pela Lei dos Números Anômalos, os empenhos de RPNP apresentaram uma Média da Diferença Absoluta (*Mean Absolute Difference - MAD*) de 0,0023 com indicação de não conformidade. Para os dois primeiros dígitos, a MAD foi de 0,0035, também com indicação de não conformidade.

Ademais, o teste de  $X^2$  (*Chi-Squared test*) teve *p*-valor inferior a 0,0001 em ambos os casos (para o primeiro e para os dois primeiros dígitos), indicando com 99% de probabilidade que a amostra possui distribuição diversa da distribuição teórica proposta por Benford. A menor estatística Z encontrada foi de 5,5, para valores iniciando com ‘3’ para o primeiro dígito e de 0,46 para os dois primeiros dígitos. O maior valor de *Z Stat* foi de 11,6, para valores iniciados com ‘99’ como os dois primeiros dígitos e 18,8 para valores teto ‘2’ como o primeiro dígito.

Abaixo, os gráficos 1 e 2 apresentam um comparativo entre a distribuição da amostra e de Benford, para fins de inspeção visual:

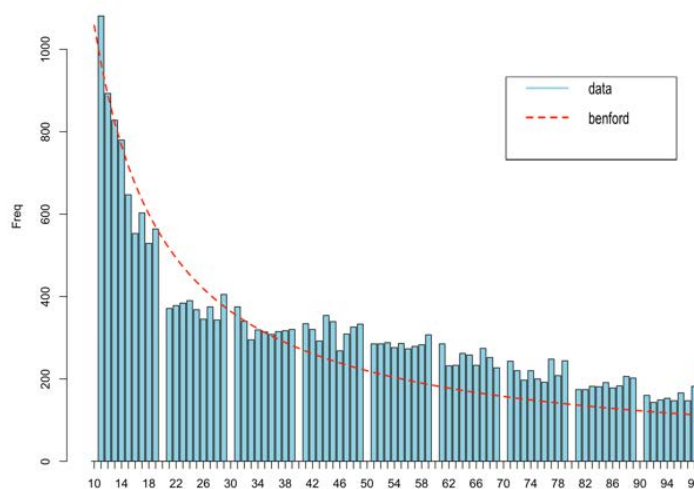
**Figura 1 – Frequências alcançadas e esperadas pela Lei de Benford para o primeiro algarismo – Empenhos de restos a pagar não processados – Minas Gerais – 2018 a 2022**



Fonte: dados da pesquisa

É possível observar que a frequência de valores iniciados com os algarismos 1 e 2 foi significativamente menor do que a esperada, ao passo que os valores iniciados com algarismos entre 4 a 9 foi acima da esperada.

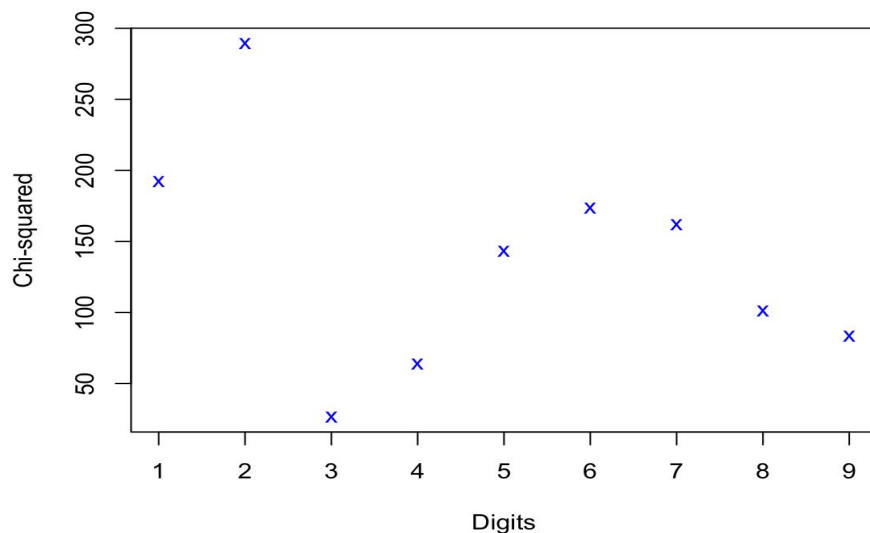
**Figura 2 – Frequências alcançadas e esperadas pela Lei de Benford para os dois primeiros algarismos – Empenhos de restos a pagar não processados – Minas Gerais – 2018 a 2022**



Fonte: dados da pesquisa

Já no caso da análise pela Lei de Benford com os dois primeiros algarismos, houve uma diferença visual importante para os algarismos entre 21 e 28 (para menor) e entre 42 e 98 para maior. Empenhos tendo 98 ou 99 como os dois primeiros algarismos se mostraram bem acima da curva esperada.

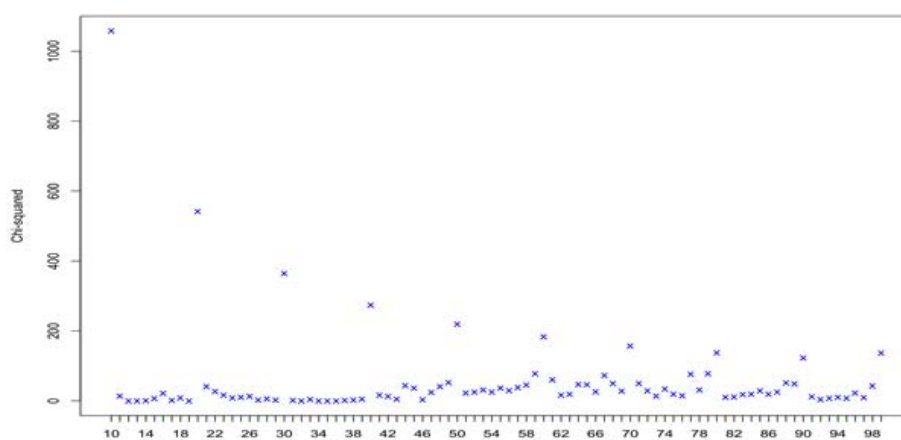
**Figura 3 – Qui-Quadrado das Diferenças entre a distribuição verificada e a distribuição de Benford para o primeiro algarismo – Empenhos de restos a pagar não processados – Minas Gerais – 2018 a 2022**



Fonte: dados da pesquisa

Conforme apontado pelos resultados do *Teste Z*, houve discrepância para valores da lista iniciados com 2, com resultado 18,8, e com 3, com resultado de 5,5. Complementarmente, os valores iniciados com 6 tiveram resultado 13,6 e os iniciados com 7 tiveram *Z-stat* igual a 13,1.

**Figura 4 – Qui-Quadrado das Diferenças entre a distribuição verificada e a distribuição de Benford para os dois primeiros algarismos – Empenhos de restos a pagar não processados – Minas Gerais – 2018 a 2022**



Fonte: dados da pesquisa



No caso da análise dos dois primeiros dígitos dos empenhos de restos a pagar não processados, os resultados do *Teste Z* mostraram discrepância em todos os valores que tinham 0 (zero) como o segundo algarismo. Em especial, valores tendo 10 como primeiros algarismos tinham valor de 33,24.

Todos esses casos estavam acima da distribuição de Benford. Considerando serem valores com o algarismo 0 como segundo dígito significativo, é de se esperar que sejam resultados de empenhos com valores altamente arredondados, à casa das centenas, milhares ou até dezenas de milhar, indicando valores provavelmente inseridos manualmente, maquiados ou fora da realidade.

Por outro lado, valores com 9 como o segundo algarismo também se mostraram discrepantes, em especial 99, com *Z-stat* de 11,67 e 79, com valor de 8,81 para o mesmo teste. Isso pode ser resultado, em igual maneira, de arredondamentos fáceis, o que pode ser indicativo de fabricação.

## 6 CONCLUSÕES

A aplicação da Lei de Newcomb-Benford na detecção de fraudes financeiras por auditores públicos apresenta algumas vantagens, entre as quais a sua eficiência. A Lei de Newcomb-Benford é uma ferramenta objetiva e com possibilidades de automatização, que pode ser aplicada a grandes volumes de dados em um curto espaço de tempo. Isso pode contribuir para a melhoria da eficiência dos processos de auditoria e para a redução dos custos operacionais.

Além disso, esses algoritmos possuem abrangência suficiente para que a Lei de Newcomb-Benford possa ser aplicada a uma ampla variedade de dados financeiros, incluindo balanços contábeis, demonstrações financeiras, registros de gastos e contratos públicos. Isso significa que a ferramenta pode ser utilizada para identificar fraudes em diferentes áreas da administração pública.

Quanto à sua precisão, a Lei de Newcomb-Benford tem sido comprovadamente eficaz na detecção de fraudes financeiras em diversos estudos. Os estudos avaliados na revisão teórica do artigo demonstram que aplicações do teorema de Benford são capazes de identificar fraudes com algo entre 85% e 90% de precisão.

Finalmente, a Lei de Newcomb-Benford é uma ferramenta objetiva, que não depende da interpretação subjetiva de auditores (o que pode contribuir para a redução de erros e para a melhoria da confiabilidade dos resultados da auditoria), bem como pode ser adaptada para atender às necessidades específicas de cada órgão de controle. Isso pode ser feito, por exemplo, através da modificação dos parâmetros de análise ou do desenvolvimento de ferramentas específicas para a aplicação da lei em determinados tipos de dados.

Em suma, a aplicação da Lei de Newcomb-Benford na detecção de fraudes financeiras por auditores públicos é uma ferramenta promissora que pode contribuir para a melhoria da efetividade dos mecanismos de controle e auditoria das contas públicas.

Quanto aos resultados específicos da pesquisa, foi possível verificar, dentro do intervalo de confiança proposto de 99% de confiança, que existem indicativos de que os registros de restos a pagar não processados no Estado Minas Gerais não estejam em conformidade com as reais necessidades da lógica orçamentária.

Essa informação, em que pese não significar prova de má conduta, recomenda que sejam desenvolvidos testes e análises complementares visando identificar se há e em quais órgãos do estado pode estar havendo maquiagem de dados, em especial, com o intuito de reter como RPNP os créditos em tela no momento do fechamento do exercício financeiro.

Como limitações do presente estudo, ressalta-se que não foi possível empreender testes individualizados entre cada Unidade Financeira do Estado de Minas Gerais, visando entender com mais detalhes a situação em cada órgão.

No campo dos estudos futuros, sugere-se que sejam carreadas pesquisas complementares, replicando os modelos estatísticos aqui inseridos, mas com a separação por Unidade Financeira.

## REFERÊNCIAS

BENFORD, F. The Law of Anomalous Numbers. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 78, n. 4, p. 551-572, 1938.

CELLA, R. S.; ZANOLLA, E. Benford's Law and transparency: an analysis of municipal expenditure. **Brazilian Business Review**, v. 15, n. 4, p. 331-347, 2 jul. 2018.

CINELLI, C. **Benford Analysis for Data Validation and Forensic Analytics**. University of California, Los Angeles, CA, USA: CRAN, 2018. Disponível em: [github.com/carloscinelli/benford.analysis](https://github.com/carloscinelli/benford.analysis). Acesso em: 30 ago. 2021.

CUNHA, F. C. R.; BUGARIN, M. S. Benford's Law and Public Works Audit: an analysis of overpricing in the maracanã remodeling. **Revista do TCU**, Brasília, DF, Brasil. v. 35, n. 2, p. 1168-1176, set.-dez. 2014.

CUNHA, F. C. R.; BUGARIN, M. S. Benford Law for audit of public works: An analysis of overpricing in Maracanã soccer arena's renovation. **Economics Bulletin**, 2015.

HILL, T. P. A Statistical Derivation of the Significant-Digit Law. **Statistical Science**, v. 10, n. 4, 1995.

MINAS GERAIS. Restos a pagar. 2023. **Portal da Transparência do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2021. Disponível em: [transparencia.mg.gov.br/despesa-estado/restos-a-pagar/restospagar-pesquisa-avancada](https://transparencia.mg.gov.br/despesa-estado/restos-a-pagar/restospagar-pesquisa-avancada). Acesso em: 21 ago. 2023.

NEWCOMB, S. Note on the frequency of the different digits in natural numbers. **The American Journal of Mathematics**, v. 4, p. 39-40, 1881.

NIGRINI, M. J. A taxpayer compliance application of Benford's Law. **The journal of the American Taxation Association**, Sarasota, FL, USA. v. 18, n. 1, p. 72-91, 1996.

NIGRINI, M. J. **Benford's law**: applications for forensic accounting, auditing, and fraud detection. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley Corporate F&A, 2012.

OLIVEIRA, J. A. J.; MILANI FILHO, M. A. F. Aplicação da Lei de Newcomb-Benford: uma análise nas contas da União. In: XIX SEMEAD SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 2016. **Anais [...]**. São Paulo, SP, USA: FEAD - USP, 2016. Disponível em: <https://login.semead.com.br/19semead/anais/arquivos/1006.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2021.

PRADO, J. W.; ALCÂNTARA, V. C.; CORRÊA, U.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, F. M. Em busca de Números Anômalos: Aplicação da lei de Newcomb-Benford em Notas de Empenho de um Instituto Federal. **XVII International Conference in Accounting**, USP, 2017.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 ago. 2021.

RSTUDIO TEAM. **RStudio**. Boston, MA, USA: Integrated Development for R. RStudio, 2020. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. Acesso em: 30 ago. 2021.

SILVA, J. A. B.; **Gastos públicos federais com emendas parlamentares: uma análise à luz da Lei de Benford**. 2022. 140 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

SILVA, W. B.; TRAVASSOS, S. K. de M.; COSTA, J. I. de F. Using the Newcomb-Benford Law as a Deviation Identification Method in Continuous Auditing Environments: A Proposal for Detecting Deviations over Time\*. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 28, p. 11-26, abr. 2017.

VIANA, M. C. **Lei de Benford aplicada aos números de casos e de mortes por COVID19 no Brasil**. 149 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.