

LEI DE BENFORD: UMA ANÁLISE DA SUA APLICABILIDADE EM UMA AMOSTRA DE DOCUMENTOS FISCAIS APRESENTADOS NAS PRESTAÇÕES DE CONTAS DE SENADORES DA REPÚBLICA

ENELSON CANDEIA DA CRUZ FILHO

POLÍCIA FEDERAL - DF

DANIELLE MONTENEGRO SALAMONE NUNES

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – DF

CLAUDIO MOREIRA SANTANA

ABOUT BUSINESS CONTABILIDADE - DF

RESUMO

Em um contexto de análise e manifestação de conformidade sobre documentos apresentados em processos de ressarcimento por gastos incorridos, revela-se desafiadora a seleção de atributos ou metodologias capazes de direcionar os recursos humanos quando o objeto de exame recai sobre grandes conjuntos de dados digitais. Em acréscimo às demais técnicas estatísticas de amostragem empregadas em um ambiente de auditoria, merece destaque a aplicação da Lei de Benford como instrumento de orientação do trabalho a partir da identificação de registros anômalos. Por meio de estudo dos registros financeiros de gastos da cota para o exercício da atividade parlamentar concedida aos senadores da República, os valores individuais de um conjunto de documentos fiscais foram submetidos à estrutura lógica da Lei de Benford e suas frequências calculadas confrontadas com as esperadas, a fim de identificar os registros dotados de maior atipicidade para o primeiro, segundo e dois primeiros dígitos de cada comprovante de desembolso. A análise dos registros e interpretação dos testes estatísticos aplicados sugerem a presença de indícios de manipulações, erros e/ou irregularidades no processo de prestação de contas de valores destinados ao custeio de despesas. Como resultado, a metodologia descrita pode ser aplicável para racionalizar os procedimentos de comprovação de gastos que compartilhem das mesmas características.

PALAVRAS-CHAVE: Lei de Benford; primeiro dígito significante; auditoria; fraude; lavagem de dinheiro.

1. INTRODUÇÃO

A discussão a respeito do desenvolvimento e da seleção de metodologias adequadas e eficazes na aplicação em processo preliminar e digital de análise de documentos que contenham informações de execução de despesas ou de desembolsos que serão submetidos à futura comprovação de conformidade tem sido objeto de inúmeras pesquisas e há muito o mercado vem dedicando esforços para desenvolver e testar técnicas capazes de destacar as anomalias mascaradas por grandes conjuntos de informações financeiras, a fim de submetê-los a exames mais detalhados e assim mitigar riscos de convalidar dados com elevada carga de irregularidades.

Tratando-se da sistematização de método voltado à redução de riscos de uma eventual aprovação de registros financeiros manipulados, o fenômeno da fraude costuma ser considerado como um evento inerente ao exercício da atividade empresarial, sendo comumente associado a um ato intencional e do qual se espera que fluam vantagens de ordem material e/ou de tráfico de influência (SHAPIRO, 1990), de sorte que a sua ocorrência sempre deve ser considerada.

Entre os modelos e técnicas empregados por profissionais que atuam na área de auditoria, tem ganhado notoriedade a utilização da teoria subjacente à intitulada Lei de Benford (LB), também reconhecida como Lei do Primeiro Dígito, Lei do Dígito mais Significante ou Lei dos Dígitos Iniciais, cujo uso foi disseminado para diversas áreas do conhecimento humano, quais sejam: espectros atômicos, identificação de manipulação de resultados empresariais, adulteração de registros financeiros, dados sobre a dinâmica populacional, registros sobre a magnitude e profundidade de terremotos, massa de dados genômicos, espectros infravermelhos de polímeros, entre outras (WHYMAN *et al.*, 2016).

Em um contexto de controle e aferição de integridade de aplicação de recursos públicos, os senadores brasileiros dispõem da chamada Cota para o Exercício da Atividade Parlamentar (CEAPS). Seguindo a metodologia definida pelo Senado Federal, inicialmente o parlamentar realiza o gasto e na sequência solicita o ressarcimento do valor, apresentando os documentos fiscais de comprovação, cabendo à estrutura administrativa verificar se o dispêndio efetuado guarda relação com o objeto de aplicação admitido por regulamento interno.

Considerando o universo de aplicação da LB e o conjunto de dados a ser explorado, o presente trabalho pretende aferir se os valores presentes nos documentos fiscais comprobatórios dos dispêndios realizados por Senadores da República do Brasil guardam relação com a frequência esperada para o primeiro, segundo e dois primeiros *dígitos*, *calculados segundo a Lei de Benford*.

Tenciona-se aplicar o modelo matemático consagrado pela LB, a fim de constatar se os desembolsos efetivados por Senadores da República do Brasil estão alinhados com a frequência esperada para o primeiro, segundo e dois primeiros dígitos, calculados segundo aquela Lei, pois, desvios representativos podem sugerir a existência de indícios de fraudes, manipulações e/ou erros, destacando quais documentos deverão ser mais bem avaliados pela equipe de controle.

2. APLICABILIDADE DA LEI DE BENFORD NA EVIDENCIAÇÃO DE INDÍCIOS DE FRAUDES

A teoria matemática que suporta a Lei de Benford foi inicialmente observada e formulada por Simon Newcomb (NEWCOMB, 1881) com a publicação do artigo intitulado *Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers*, no qual apresentou ao mundo científico uma tabela com a distribuição de probabilidade que definia a frequência de ocorrência do primeiro e segundo dígitos de um dado número. Na ocasião, conquanto o evento observável tenha sido classificável como de tipologia natural, não foi apresentada uma evidência científica de registro de sua reprodução espontânea para eventos livremente observáveis em ambientes não controláveis.

Quase seis décadas depois, com a publicação do artigo intitulado *The Law of Anomalous Numbers*, Benford (1938) coletou dados de diversas fontes na intenção de calcular as probabilidades de ocorrência dos dígitos de 0 a 9 (desprezando-se 0 como primeiro dígito, bem como eventuais sinais negativos), alocados na primeira, segunda, terceira, n posição de um número, e nessa ocasião o teorema matemático foi rerepresentado ao mundo, com a demonstração dos resultados obtidos a partir da determinação das frequências dos dígitos para mais de 20.000 coleções de dados.

Assim, a distinção da Lei de Benford (LB) reside no fato de a frequência de ocorrência divergir do senso comum, ou seja, ser contraintuitiva, pois se poderia esperar que a probabilidade de existência dos dígitos fosse igualmente provável. Contudo, Benford demonstrou que a distribuição dos dígitos é regida por uma frequência logarítmica de base 10, cuja probabilidade está associada à posição do dígito, e não ao valor deste (HILL, 1995).

Seguindo tal distribuição, quando da análise, por exemplo, de todas as notas fiscais emitidas por determinada entidade, espera-se que um número superior a 30% tenha o algarismo 1 como primeiro dígito, e um pouco menos de 5% com o algarismo 9 como dígito na mesma posição, de modo que a probabilidade de ocorrência dos algarismos de 1 a 9, como dígito mais significativo, é decrescente. Logo, quanto maior o valor absoluto do dígito, menor a sua probabilidade de observação (BERGER; HILL, 2015).

Nigrini (1996) discorre sobre as fórmulas empregadas para a obtenção das frequências esperadas para o primeiro, segundo e dois primeiros dígitos de uma distribuição, conforme equações gerais demonstradas no quadro a seguir:

Quadro 1 - Equações Gerais de Acordo com a Lei de Benford

Dígito	Equação
1º Dígito	$Prob(D_1 = d_1) = \log\left(1 + \frac{1}{d_1}\right); d_1 \in \{1, 2, \dots, 9\}$
2º Dígito	$Prob(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \log\left(1 + \frac{1}{d_1 d_2}\right); d_2 \in \{0, 1, \dots, 9\}$
Dois primeiros dígitos	$Prob(D_1 D_2 = d_1 d_2) = \log\left(1 + \frac{1}{d_1 d_2}\right); d_1 d_2 \in \{10, 11, \dots, 99\}$ e $Prob(D_2 = d_2 D_1 = d_1) = \log\left(1 + \frac{1}{d_1 d_2}\right) / \log\left(1 + \frac{1}{d_1}\right)$

Fonte: Nigrini (1996).

Onde:

D_1 – o primeiro dígito de um número; e

D_2 – o segundo dígito de um número.

Pela fórmula, a frequência esperada para o algarismo 1 como primeiro dígito seria igual a: $\text{Prob}(D_1=1) = \log(1+\frac{1}{1}) = \log(2) = 0,30103$. Por sua vez, a Tabela 1, a seguir, ilustra a frequência esperada para os algarismos de 1 a 9, para o primeiro dígito, e de 0 a 9 para o segundo, terceiro e quarto dígitos, segundo a LB.

Tabela 1 - Frequências esperadas para o primeiro, segundo, terceiro e quarto dígitos (em %).

Posição	Algarismo										Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1º	-	30,10	17,61	12,49	9,69	7,92	6,70	5,80	5,12	4,58	100
2º	11,97	11,39	10,88	10,43	10,03	9,67	9,34	9,04	8,76	8,50	100
3º	10,18	10,14	10,10	10,06	10,02	9,98	9,94	9,90	9,86	9,83	100
4º	10,02	10,01	10,01	10,01	10,00	10,00	9,99	9,99	9,99	9,98	100

Fonte: Adaptado de Nigrini (1996).

Embora o teorema matemático que sustenta a LB venha tendo a sua aplicabilidade explorada em diversas áreas do conhecimento humano, Durtschi, Hillison e Pacini (2004) enumeram situações nas quais a aplicabilidade da Lei poderá ser aplicada com mais propriedade, a exemplo de conjuntos de dados que tenham origem na combinação de números, como se verifica no caso de contas a receber – registros que surgem do produto da quantidade vendida pelos preços individuais das mercadorias ou quando a análise recair sobre grandes conjuntos de dados (transações acumuladas durante o exercício social).

Mas há hipóteses nas quais o uso da Lei não se revela válido, como é o caso de números que estejam sujeitos a um limite superior e inferior, a exemplo de contas de reembolso de valores que não excedam R\$ 1.000,00 (um mil reais) ou ainda aqueles compostos por valores atribuídos como números de contas bancárias e de código postal.

O potencial de utilidade do referencial matemático que concede suporte à LB vem sendo testado no campo da Auditoria e da Contabilidade, visando à detecção de valores atípicos nos conjuntos de dados submetidos a testes com a finalidade de redução dos riscos de auditoria e eventual formação de juízo de valor sobre a ocorrência de indícios de manipulação, fraude e indicação de certas tendências reveladas a partir do exame dos registros financeiros (SANTOS *et al.*, 2012).

No campo forense, a LB vem sendo explorada há mais de três décadas, figurando com um dos trabalhos mais remotos o de Carlaw (1988), que identificou desconformidades das probabilidades esperadas para o segundo dígito dos lucros divulgados por um grupo de empresas sediadas na Nova Zelândia, confirmando a existência de um excesso de “0” e uma ausência de “9”. Posteriormente, foi constatado que os gestores tinham por prática arredondar os resultados, a fim de obterem melhor avaliação dos *stakeholders*.

A mesma lógica adotada por Carlaw (1988) foi replicada por Thomas (1989), mas tendo por amostra empresas que possuíam ações negociadas no mercado norte-americano, concluindo que as empresas com resultados positivos tendiam a apresentar mais “0”, em detrimento de “9”; por sua vez, as empresas com resultados negativos denotavam uma propensão de evidenciar mais “9” e menos “0”, sugerindo que seus gestores interferiam no processo para suavizar seus resultados negativos, pois, o produto da análise revelou-se compatível com arredondamentos para baixo.

Nigrini (1996) emprega os enunciados da LB para aferir as incompatibilidades de dados contábeis em contraposição à frequência logarítmica preconizada pela distribuição de Benford. Em 1996, esse pesquisador fez uso do modelo para discutir a validade dos achados advindos da análise de informações financeiras prestadas por pessoas físicas quando da elaboração das declarações de imposto sobre a renda. Na ocasião, concluiu que os contribuintes subestimavam valores que iriam compor o conceito de renda e superestimavam valores admitidos pela legislação como deduções fiscais, ou seja, capazes de reduzir a base de cálculo do imposto.

Ainda no ambiente financeiro, Nigrini e Mittermaier (1997) testaram a validade da LB em um conjunto de dados gerado pelo sistema contábil de empresas, com o propósito de robustecer e expandir o uso da lei por auditores em um processo de legitimação das informações geradas internamente pela companhia, as quais devem ser submetidas a um rito próprio de certificação. Trabalhando com dados reais, os autores avaliaram a conformidade dos primeiros e segundos dígitos, dos dois primeiros dígitos, dois últimos dígitos, arredondamento de dígitos e duplicação de números, findando por demonstrar que a análise digital pode racionalizar e direcionar os recursos humanos, incidindo, inclusive, sobre a taxa de detecção e prevenção de eventos fraudulentos.

Mas a LB teve a sua aplicabilidade explorada também como técnica útil à identificação de empresas criadas com o propósito de lavagem de dinheiro e, nessa temática, Yang e Wei (2010) apresentaram um método que reunia três variáveis a serem empregadas na construção de um índice capaz de reconhecer transações caracterizadas por elementos indicativos de lavagem de recursos, quais sejam: 1) a fuga ao volume comum de transações comerciais; 2) a constatação de recebimentos e pagamentos de parceiro comercial não habitual; e 3) a aplicação da LB como instrumento de detecção de anomalias nos dígitos fabricados pelo sistema de informações contábeis.

Trabalhando com uma amostra de 20 empresas, o índice sugeriu que, desse universo, cinco empresas poderiam ter praticado operações de lavagem de dinheiro, direcionando, assim, os recursos para a análise das transações dessas pessoas jurídicas.

Por sua vez, Badal-Valero, Alvarez-Jareño e Pavía (2018) combinaram o referencial teórico da LB com elementos de aprendizagem de máquina na intenção de identificar padrões compatíveis com operações de lavagem de dinheiro, buscando identificar se as notas fiscais emitidas por fornecedores e as notas fiscais de venda de um grupo de empresas guardavam relação com a frequência esperada e calculada a partir da Lei em comento. Na amostra utilizada, os autores conseguiram enumerar 119 fornecedores como potenciais praticantes de fraudes caracterizadas pela criação de documentos fiscais dissociados de atividades comerciais genuínas.

Em resumo, as pesquisas destacadas apontaram para a consistência e utilidade da distribuição da frequência logarítmica esperada para o primeiro, segundo, dois primeiros e dois últimos dígitos, obtidos em função dos enunciados da LB, projetando-a como instrumento forense para destacar eventuais anomalias, distorções e/ou manipulações em dados que deveriam ser gerados seguindo ordenamentos naturais, mas que, por intervenção humana, acabam se insurgindo contra as proporções esperadas.

3. METODOLOGIA E DADOS ANALISADOS

Admitindo-se a Lei de Benford (LB) como um instrumento hábil para a identificação de valores anômalos, os testes realizados comumente buscam aferir o ajuste das proporções observadas com o das proporções esperadas para o primeiro, segundo, dois primeiros dígitos, dois últimos dígitos antes da parte decimal e os dois representativos da parte decimal (NIGRINI; MITTERMAIER, 1997).

A primeira etapa da análise constituiu-se da simples ilustração gráfica entre essas proporções, para tanto, foram realizados testes estatísticos: Estatística-Z (*Z test*), Qui-Quadrado (χ^2) e Desvio Absoluto Médio (em inglês, *Mean Absolute Deviation* – MAD), em linha com os testes realizados por Krakar e Zgela (2009) ao aplicarem a LB em um ambiente de auditoria, visando à avaliação dos registros produzidos por um sistema de pagamentos de uma empresa e com as técnicas preconizadas por Nigrini e Mittermaier (1997).

Assim, na presente pesquisa, as hipóteses testadas foram as seguintes:

- H_0 : os registros analisados estão em conformidade com a LB; e
- H_1 : os registros analisados não estão em conformidade com a LB.

Admitindo-se um nível de significância de 5%, a hipótese nula será passível de rejeição se os valores apurados para as estatísticas Z, χ^2 e MAD divergirem dos valores críticos postos para essas medidas, ou seja, se os desvios forem considerados relevantes.

A Estatística Z buscou avaliar se as proporções observadas divergem significativamente daquelas definidas pela LB, isto, para o primeiro, segundo e combinação dos dois primeiros dígitos, sendo calculada conforme se segue:

$$Z = \frac{|p_o - p_e| - \left(\frac{1}{2N}\right)}{\sqrt{p_e(1 - p_e)/N}} \quad (1)$$

Onde:

p_o : Proporção observada;

p_e : Proporção esperada; e

N: Número de observações.

O teste do χ^2 , ao contrário da estatística Z, buscou avaliar se a totalidade do conjunto de dados analisada está em conformidade com a LB, simplesmente confrontando as frequências observadas com as esperadas, a fim de determinar quais dígitos não se alinham à Lei em comento.

Sobre a questão, Nigrini e Miller (2009) pontuam que o teste Qui-Quadrado traz consigo o inconveniente de pequenos desvios tomarem proporções de significância estatística, quando se trabalha com um grande conjunto de registros. Assim, o teste foi calculado conforme se segue:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(p_o - p_e)^2}{p_e} \quad (2)$$

Onde:

p_o : Proporção observada;

pe : Proporção esperada; e

k : Número de posições.

A estatística MAD foi calculada em função dos desvios absolutos médios entre as proporções observadas e as esperadas, dividindo-se pelo número de dígitos possíveis de serem considerados em cada teste. Tal medida estatística não é afetada pelo número de registros, sendo calculada para o primeiro, segundo e dois primeiros dígitos (NIGRINI; MITTERMAIER, 1997), conforme se segue:

$$\begin{array}{|c|c|c|}
 \hline
 \text{1º Dígito} & \text{2º Dígito} & \text{2 Primeiros Dígitos} \\
 \hline
 MAD = \sum_{d=1}^9 \left| \frac{po - pe}{9} \right| & MAD = \sum_{d=0}^9 \left| \frac{po - pe}{10} \right| & MAD = \sum_{d=10}^{99} \left| \frac{po - pe}{90} \right| \\
 \hline
 \end{array} \quad (3)$$

Onde:

po : Proporção observada; e

pe : Proporção esperada.

Para a estatística em questão, embora não existam valores críticos obtidos por um critério universal, no presente estudo foram utilizados os valores críticos calculados por Nigrini (2012), conforme limites definidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores críticos para os desvios absolutos médios.

Análise de Conformidade	1º Dígito	2º Dígito	Dois Primeiros Dígitos
Conformidade adequada	< 0.0006	< 0.008	< 0.0012
Conformidade aceitável	0.006 - 0.012	0.008 - 0.010	0.0012 - 0.0018
Conformidade marginal	0.012 - 0.015	0.010 - 0.012	0.0018 - 0.0022
Conformidade ausente	> 0.015	> 0.012	> 0.0022

Fonte: Adaptado de Nigrini (2012).

Neste trabalho, o estudo recaiu sobre os gastos realizados pelos 81 Senadores da República e por seus suplentes, durante os anos-calandário de 2015 a 2018, pois o Senado, com o propósito de fomentar

a publicidade dos gastos, disponibiliza todos os valores de face (valor global) de cada documento fiscal apresentado, ressarcido ou recusado, no seu portal da transparência.

Sob o aspecto normativo, ao executar o montante alocado na rubrica “Cota para o Exercício da Atividade Parlamentar”, cada senador deve apresentar à área técnica os comprovantes fiscais que demonstram a aplicação dos recursos, por sua vez, esses documentos passarão por uma análise material e formal a fim de identificar se o dispêndio é condizente com a previsão normativa para os tipos de despesa admissíveis, mas não são realizadas rotinas capazes de constatar a real execução do serviço ou aquisição da mercadoria e/ou bem discriminado em cada documento fiscal.

Os valores aplicados são distribuídos entre sete rubricas, a saber: 1) Aluguel de imóveis; 2) Aquisição de materiais de consumo; 3) Contratação de consultorias; 4) Divulgação da atividade parlamentar; 5) Locomoção e hospedagem; 6) Passagens aéreas; e 7) Serviços de segurança privada (Brasil, 2019).

Em razão da delimitação do tema e da opção metodológica, não foram analisadas as rubricas de “aluguel de imóveis” e “passagens aéreas”, pois no primeiro caso, os valores são fixos e, no segundo, os bilhetes são emitidos diretamente por agências/sites e há necessidade de comprovar o embarque, logo, não se verifica a possibilidade de valores serem criados. Assim, de um universo de 104.229 documentos fiscais, após excluir aqueles cujos valores foram inferiores a R\$ 10,00 (dez reais), ausência dos dois primeiros dígitos, restaram 56.377 registros a serem utilizados como base de dados para aplicação da LB.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

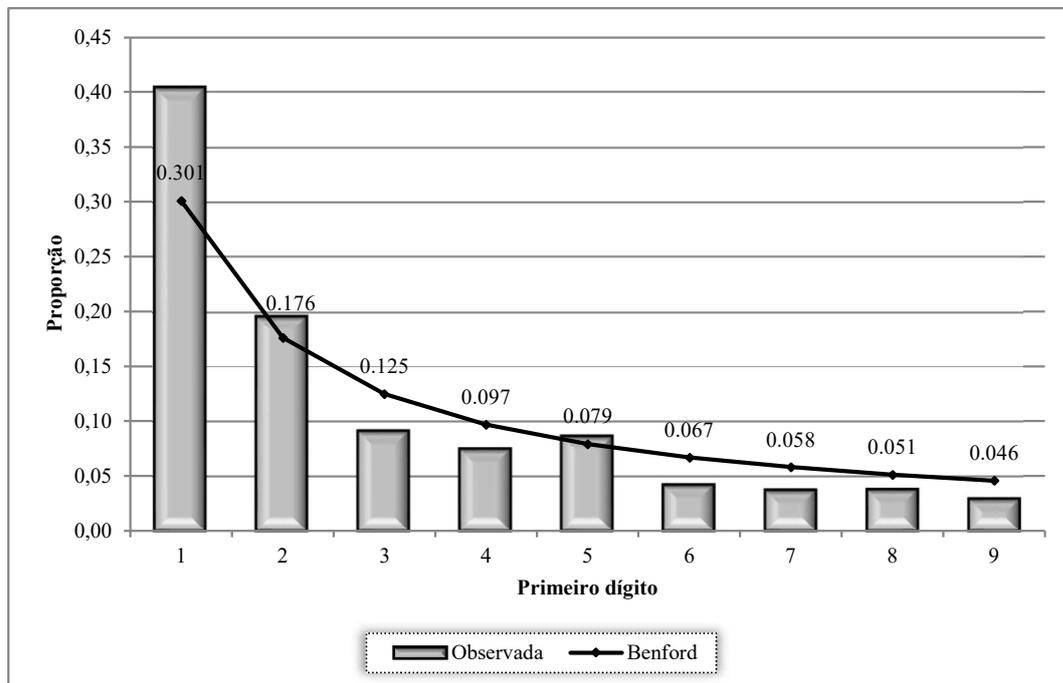
4.1 ANÁLISE DO PRIMEIRO DÍGITO

A análise gráfica adotada a partir do modelo proposto pela LB sugere uma abordagem escalonada, ou seja, inicia-se com o teste de conformidade para o primeiro dígito, buscando obter elementos capa-

zes de sugerir a razoabilidade dos dados. Neste primeiro momento, a ilustração gráfica permite ao usuário da informação uma rápida identificação de desvios entre a frequência observada e a frequência esperada. Contudo, por se tratar de um teste preliminar, este não oportuniza a seleção de uma amostra para estudos mais detalhados.

Assim, o Gráfico 1, a seguir, evidencia que a proporção observada do algarismo 1 para o primeiro dígito se destaca dentre os demais algarismos, superando aquela projetada pela LB.

Gráfico 1 - Primeiro Dígito.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Em situações em que a análise gráfica não é tão terminativa, os testes estatísticos podem ser o instrumental adequado para a validação de posicionamento quanto ao atendimento aos pressupostos definidos na LB.

Tabela 3- Resultados para o 1º dígito.

1º DÍGITO	Nº. DE REGISTROS	PROPORÇÃO OBSERVADA	PROPORÇÃO ESPERADA	DESVIOS	DESVIO ABSOLUTO MÉDIO	ESTATÍSTICA Z	QUI-QUADRADO
1	22777	0,404	0,301	0,103	0,103	53,302	1986,173
2	11067	0,196	0,176	0,020	0,020	12,595	130,812
3	5160	0,092	0,125	-0,033	0,033	23,988	503,778
4	4188	0,074	0,097	-0,023	0,023	18,151	297,774
5	4908	0,087	0,079	0,008	0,008	6,919	44,176
6	2384	0,042	0,067	-0,025	0,025	23,422	512,215
7	2107	0,037	0,058	-0,021	0,021	20,935	413,222
8	2131	0,038	0,051	-0,013	0,013	14,380	196,461
9	1655	0,029	0,046	-0,016	0,016	18,629	331,527
Total	56.377	MAD			0,0291	-	4416,138

Fonte: Dados da Pesquisa.

Da Tabela 3, é possível extrair que a Estatística Z, para todos os dígitos, foi superior ao valor crítico de 1,96, para um nível de significância de 5%, o que conduz à rejeição da hipótese nula de que os registros estão em conformidade com a distribuição da LB. Os resultados atuam como direcionadores para o processo de amostragem de documentos fiscais que deverão ser submetidos a exames mais criteriosos de execução e comprovação do gasto, havendo uma predileção pelos desembolsos que se iniciam pelos algarismos 1, 3, 6, 7, 9 e 4, pois estes apresentaram as maiores distorções.

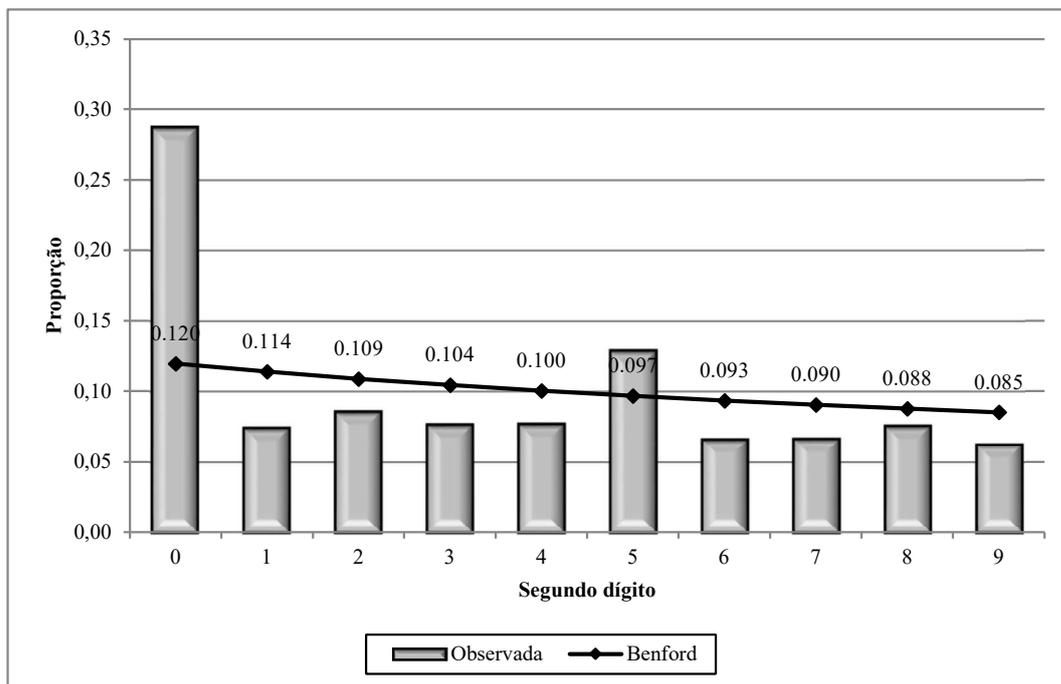
Para o χ^2 calculado, embora seja esperado um excesso de potência - ou seja, o resultado tende a ser influenciado por amostras superiores a 2.500 registros -, o valor de 4416,138 situou-se muito acima do valor crítico de 15,507, denotando que o conjunto de dados analisado não segue a distribuição da LB.

Findando a avaliação estatística pelo MAD, as proporções observadas para os dígitos 1 e 5 superaram as proporções esperadas. De outra sorte, para os demais dígitos, as proporções observadas foram inferiores às calculadas em função da LB, resultando em uma estatística MAD de 0,0291 – superior ao limite de 0,015; ou seja, os três testes alinham-se e motivam a rejeição da hipótese nula – sob a perspectiva de toda a massa de dados, tem-se a ausência de conformidade com as frequências esperadas para a LB.

4.2 ANÁLISE DO SEGUNDO DÍGITO

As percepções obtidas para a distribuição do primeiro dígito podem ser replicadas para o segundo dígito. A interpretação gráfica indica que as proporções observadas para os 1º e 5º dígitos situam-se em posição superior às proporções esperadas. Para os demais dígitos, as proporções observadas situam-se abaixo das esperadas.

Gráfico 2 - Segundo Dígito.



Fonte: Dados da Pesquisa.

As estatísticas calculadas MAD, Estatística Z e χ^2 reforçam a rejeição da hipótese nula. A estatística Z, para todos os dígitos, supera o valor crítico de 1,96. O teste χ^2 , com um resultado de 16869,163, em contraposição a um valor crítico de 16,919, converge para a ausência de conformidade. Por último, a MAD de 0,04001 extrapola o limite de aceitabilidade sugerido de 0,012.

Tabela 4 - Resultados para o 2º dígito.

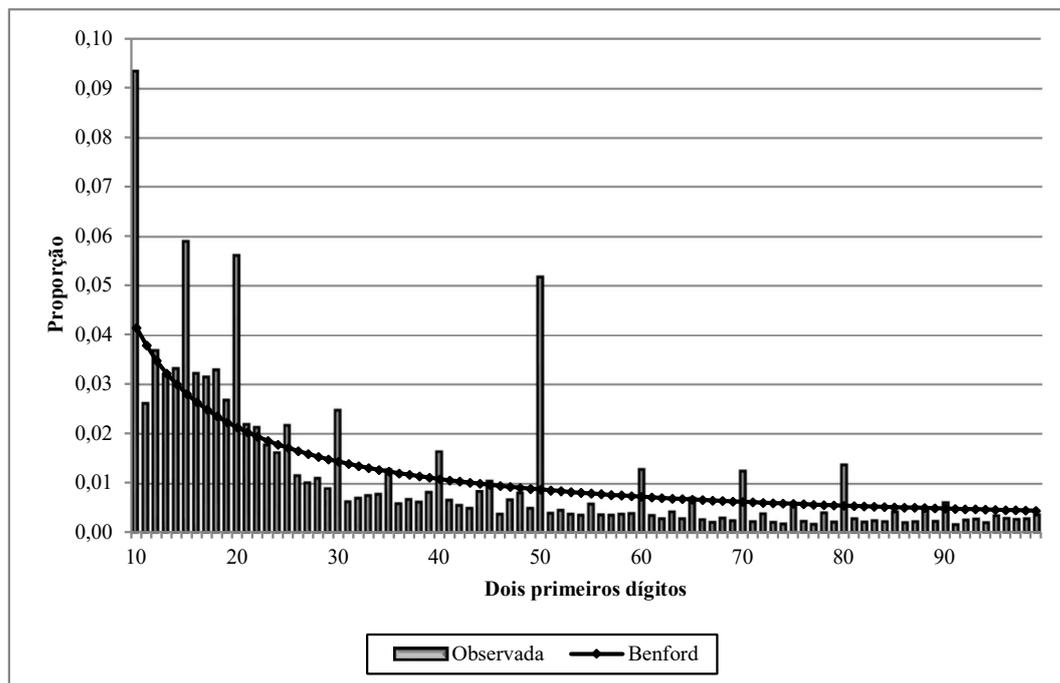
2º Dígito	Nº, de Registros	Proporção Observada	Proporção Esperada	Desvios	Desvio Absoluto Médio	Estatística Z	Qui-Quadrado
0	16195	0,287	0,120	0,168	0,168	122,582	6747,199
1	4178	0,074	0,114	-0,040	0,040	29,727	6420,777
2	4820	0,085	0,109	-0,023	0,023	17,777	6134,945
3	4311	0,076	0,104	-0,028	0,028	21,635	5881,812
4	4343	0,077	0,100	-0,023	0,023	18,389	5655,177
5	7280	0,129	0,097	0,032	0,032	26,066	5450,528
6	3728	0,066	0,093	-0,027	0,027	22,226	5263,920
7	3747	0,066	0,090	-0,024	0,024	19,776	5093,662
8	4257	0,076	0,088	-0,012	0,012	10,123	4936,934
9	-		MAD		0,0400	-	16869,163

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.3 ANÁLISE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS

O Gráfico 3, a seguir, destaca as frequências calculadas para os dois primeiros dígitos observados e os respectivos afastamentos da distribuição projetada pela LB. Os dados revelam um afastamento entre as proporções observadas e esperadas para os dígitos 10, 15, 20, 30, 40 50, 60, 70 e 80, frustrando a conformidade com a distribuição de frequências esperadas para a LB. A plotagem dos dados sugere um exame mais minucioso sobre os registros financeiros que contenham tais valores.

Gráfico 3 - Dois primeiros dígitos.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 5 – Resultado para os dois primeiros dígitos.

Dígito	Quantidade de Registros	Valor Crítico			Dígitos com Resultado Conforme	Dígito com Maiores Inconformidades
		Est. Z	χ^2	MAD		
Dois Primeiros Dígitos	56.377	1,96	112,02	0,0022	13, 23, 35, 65, 75 e 88	50, 10, 20, 15, 80, 30, 70, 31, 60, 18, 11 e 46

Fonte: Elaboração do autor.

A estatística Z busca capturar as variações entre as proporções observadas e esperadas. Assim, entre as 89 combinações dos dois primeiros dígitos, apenas os dígitos 13, 23, 35, 65, 75 e 88 não se situaram dentro da área de rejeição da hipótese nula. Para todos os demais, a estatística Z demonstrou a violação do valor crítico de 1,96.

O teste χ^2 , com valor efetivo de 30146,464 e crítico de 112,02, e a MAD com valor calculado em 0,00533 e limite sugerido de 0,0022, reforçam a decisão de rejeitar a hipótese nula, ou seja, os valores designativos dos documentos fiscais utilizados pelos Senadores da República do Brasil, para fins de comprovação da regularidade dos gastos efetivados, não seguem a distribuição logarítmica calculada pelo teorema matemático da LB.

4.4 ANÁLISE GERAL

Para os três testes executados (primeiro, segundo e dois primeiros dígitos) na presente pesquisa, os resultados obtidos conduzem à rejeição da hipótese nula, ou seja, a hipótese de que os dados estão em conformidade com a LB. Logo, o resultado sugere que os registros de gastos não estão em conformidade com a LB. O Quadro 2, a seguir, condensa os resultados para os três testes estatísticos aqui adotados.

Quadro 2 - Resumo das estatísticas e resultados aferidos.

Estatística	1º Dígito	2º Dígito	Dois Primeiros Dígitos
Estatística Z	Ausência de Conformidade	Ausência de Conformidade	Ausência de Conformidade
Teste χ^2	Ausência de Conformidade	Ausência de Conformidade	Ausência de Conformidade
Estatística MAD	Ausência de Conformidade	Ausência de Conformidade	Ausência de Conformidade

Fonte: Dados da Pesquisa.

Conforme se verifica no quadro 2, todos os testes realizados para o primeiro e segundo dígitos, bem como para os dois primeiros, apontaram para ausência de conformidade. Isto é preocupante, tendo em vista que pode refletir em dois caminhos: 1) manifestar que há algo de errado nos controles exercidos pela administração pública no que toca aos gastos em questão; 2) sugerir que nos gastos realizados pelos senadores há indícios de problemas em termos de sua legalidade. Ambos caminhos são igualmente alarmantes e requerem maiores investigações.

Os testes aplicados indicam que o auditor, ou aquele responsável por opinar sobre as prestações de contas dos Senadores, deve ter especial atenção com os documentos fiscais que tenham como dois primeiros dígitos os algarismos 50, 10, 20, 15, 80, 30, 70, 31, 60, 18, 11 e 46, pois, as frequências observadas guardam elevada distorção, comparativamente com as frequências esperadas. Sobre a questão, Nigrini e Mittermaier (1997) destacam que grandes desvios entre as frequências observadas e esperadas podem indicar que as duplicações para os dois primeiros dígitos, potencialmente, têm origem na intervenção humana (manipulação dos dados).

Assim, seria oportuno que a comprovação do gasto não se restringisse ao exame documental de sua existência, sendo prudente avaliar outras alternativas de aferição da real execução do valor ressarcido, a exemplo, a confirmação de existência do bem/mercadoria adquirido, com o fornecedor; ou consulta ao código identificador da nota fiscal eletrônica, para afastar a hipótese de seu cancelamento e eventual demonstração, por parte do fornecedor de que ele adquiriu o bem comercializado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um ambiente de auditoria de prestação de contas, torna-se inquestionável a necessidade de os auditores fazerem uso de técnicas de análise digital para a determinação de valores atípicos no universo de documentos fiscais a serem validados ou reprovados.

Entre as metodologias amplamente aceitas, figura a teoria do dígito mais significativa, que compara as frequências observadas para o primeiro, segundo e dois primeiros dígitos com a frequência calculada pela fórmula de distribuição logarítmica da Lei de Benford (LB).

Para a base de registros fiscais aqui analisada, as frequências observadas para os dígitos mais representativos afastaram-se da frequência proposta pela Lei em comento – fato reforçado pelos valores obtidos para a estatística *Z*, teste Qui-Quadrado e Desvio Absoluto Médio (em inglês, *Mean Absolute Deviation* – MAD).

Os resultados sugerem que o responsável por se pronunciar acerca da exatidão dos gastos deve adotar metodologias adicionais para aferir a adequabilidade dos documentos fiscais que têm como dois primeiros dígitos os algarismos 50, 10, 20, 15, 80, 30, 70, 31, 60, 18, 11 e 46, pois estes divergiram mais fortemente da frequência esperada.

Embora os testes não avalizem a existência de fraude e/ou erro, atuam como sinalizadores para aqueles profissionais incumbidos de se manifestarem acerca da adequabilidade ou impropriedade dos gastos, indicando a necessidade de adoção de ações adicionais de exame.

Trabalhos futuros poderiam explorar não apenas a convergência entre a frequência observada e a esperada para o primeiro, segundo e dois primeiros dígitos dos valores consignados nos documentos comprobatórios de gastos, mas sobretudo dos dois últimos dígitos. Além disso, poderiam realizar o teste de soma, a fim de obter uma amostra mais refinada, sobre a qual recairiam exames mais analíticos capazes de validar ou refutar os resultados encontrados neste estudo.

Por fim, em investigações policiais que envolvam a identificação de lavagem de recursos perpetrada por empresas de fachada, inidôneas e/ou fictícias, a obtenção da base de dados de notas fiscais eletrônicas emitidas pode vir, a partir da aplicação da fundamentação teórica provida pela LB, a restringir o universo de empresas que deve ter atenção da equipe de investigação. A mesma sistemática pode ser estendida às pessoas jurídicas que emitem notas fiscais eletrônicas, tendo como destinatários pessoas jurídicas de direito público e/ou equiparadas, com a vantagem de esses dados terem publicidade irrestrita e não demandarem afastamento de sigilo fiscal.

ENELSON CANDEIA DA CRUZ FILHO¹

POLÍCIA FEDERAL - DF

MESTRANDO EM ECONOMIA PELA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA (UNB)

MBA EM GESTÃO FINANCEIRA: AUDITORIA E
CONTROLADORIA (FGV)

ESPECIALISTA EM PERÍCIA E AUDITORIA (UNB)

ESPECIALISTA EM DOCUMENTOSCOPIA E CIÊNCIAS
POLICIAIS (ANP)

FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS (UNB)

<http://lattes.cnpq.br/1356112843480024>

DANIELLE MONTENEGRO SALAMONE NUNES

DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO, COM ÊNFASE
EM FINANÇAS E MÉTODOS QUANTITATIVOS, PELA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (2017)

MESTRADO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS PELA UNIVERSIDADE

¹ Mestrando em economia e membro do grupo de pesquisa "Crimes Financeiros e Análise de Redes Sociais" junto à ANP/CNPq.

DE BRASÍLIA (2009) NO PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL
E INTER-REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
CONTÁBEIS (UNB, UFPB E UFRN)

GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS PELA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA (2004)

PROFESSORA ADJUNTA JUNTO AO DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ATUARIAIS DA FACULDADE DE
ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E GESTÃO DE
POLÍTICAS PÚBLICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

<http://lattes.cnpq.br/4471570353184099>

CLAUDIO MOREIRA SANTANA

CONTADOR E CONSULTOR EMPRESARIAL NA ABOUT
BUSINESS CONTABILIDADE - DF

MESTRADO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS PELA FACULDADE
DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FEA/USP)

GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS PELA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA (UNB) (1994)

PROFESSOR TEMPORÁRIO NA UNB

PROFESSOR NO CURSO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS DO CEUB (DF)

<http://lattes.cnpq.br/5907313527295729>

BENFORD'S LAW: AN ANALYSIS OF ITS APPLICABILITY IN A SAMPLE OF TAX DOCUMENTS PRESENTED IN THE SENATORS' ACCOUNTABILITY

ABSTRACT

In a context of compliance analysis and manifestation on documents presented in reimbursement processes for expenses incurred, the selection of attributes or methodologies capable of directing human resources when the object of examination falls on large sets of digital data is challenging. In addition to the other statistical sampling techniques employed in an auditing environment, the Benford's Law as an instrument to guide the identification of anomalous records deserves special mention. Through a study of the financial records of quota expenditures for the exercise of parliamentary activity granted to senators of the Republic, the individual values of a set of fiscal documents were submitted to the logical structure of the Benford's Law and their calculated frequencies compared with the expected ones, to identify the most unusual records for the first, second and first two digits of each disbursement receipt. The analysis of the records and interpretation of the applied statistical tests suggest the presence of signs of manipulations, errors and/or irregularities in the process of rendering accounts for amounts intended to cover expenses. As a result, the described methodology may be applicable to rationalize expenditure verification procedures that share the same characteristics.

KEYWORDS: Benford's Law; first significant digit; audit; fraud; money laundering.

LA LEY DE BENFORD: UN ANÁLISIS DE SU APLICABILIDAD EN UNA MUESTRA DE DOCUMENTOS FISCALES PRESENTADOS EN LAS CUENTAS DE LOS SENADORES DE LA REPÚBLICA

RESUMEN

En un contexto de análisis y manifestación de cumplimiento de documentos presentados en procesos de reembolso de gastos incurridos, la selección de atributos o metodologías capaces de dirigir los recursos humanos cuando el objeto de examen recae en grandes conjuntos de datos digitales es un desafío. Además de las otras técnicas de

muestreo estadístico utilizadas en un entorno de auditoría, merece una mención especial la aplicación de la Ley de Benford como instrumento para orientar el trabajo desde la identificación de registros anómalos. Mediante un estudio de los registros financieros de los gastos de cuotas para el ejercicio de la actividad parlamentaria otorgadas a los senadores de la República, se sometieron los valores individuales de un conjunto de documentos fiscales a la estructura lógica de la Ley Benford y sus frecuencias calculadas comparadas con los esperados, con el fin de identificar los registros más inusuales para el primer, segundo y dos primeros dígitos de cada recibo de desembolso. El análisis de los registros y la interpretación de las pruebas estadísticas aplicadas sugieren la presencia de indicios de manipulaciones, errores y/o irregularidades en el proceso de rendición de cuentas por montos destinados a cubrir gastos. Como resultado, la metodología descrita puede ser aplicable para racionalizar los procedimientos de verificación de gastos que comparten las mismas características.

PALABRAS-CLAVE: Ley de Benford; primer dígito significativo; auditoría; fraude; blanqueo de dinero.

6. REFERÊNCIAS

- BADAL-VALERO, E.; ALVAREZ-JAREÑO, J. A.; PAVÍA, J. M. Combining Benford's Law and machine learning to detect money laundering. An actual Spanish court case. *Forensic Science International*, v. 282, p. 24-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.11.008>.
- BENFORD, F. The law of anomalous numbers. *Proceedings of the American Philosophical Society*, v. 78, n. 4, p. 551-572, 1938. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/984802>.
- BERGER, A.; HILL, T. P. *An Introduction to Benford's Law*. United Kingdom: Princeton University Press, 2015.
- BRASIL. Senado Federal. *Transparência: dados abertos – CEAPS*. Brasília. [2019]. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/transparencia/dados-abertos-transparencia/dados-abertos-ceaps>.
- CARSLAW, C. A. P. N. Anomalies in income numbers: Evidence of goal oriented behavior. *The Accounting Review*, v. 63, n. 2, p. 321-327, 1988. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/248109>.
- 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*, v. 5, n. 1, p. 17-34, 2004.
- HILL, T. P. The significant-digit phenomenon. *The American Mathematical Monthly*, v. 102, n. 4, p. 332-327, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00029890.1995.11990578>.
- KRAKAR, Z.; ŽGELA, M. Application of Benford's Law in payment systems auditing. *Journal of Information and Organizational Sciences*, v. 33, n. 1, p. 39-51, 2009.
- NEWCOMB, S. Note on the frequency of use of the different digits in natural numbers. *American Journal of Mathematics*, v. 4, n. 1, p. 39-40, 1881. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2369148>.
- NIGRINI, M. J. A taxpayer compliance application of Benford's Law. *The Journal of American Taxation Association*, v. 18, Spring, p. 72-91, 1996.
- NIGRINI, M. J. *Benford's Law. Applications for Forensic*

Accounting Auditing, and Fraud Detection. New Jersey : John Wiley & Sons, 2012. p. 160.

NIGRINI, M. J.; MILLER, S. J. Data diagnostics using second-order tests of Benford's Law. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, v. 28, n. 2, p. 305-324, 2009. DOI: <https://doi.org/10.2308/aud.2009.28.2.305>.

NIGRINI, M. J.; MITTERMAIER, L. J. The use of Benford's Law as an aid in analytical procedures. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, v. 16, n. 2, p. 52-67, 1997.

SANTOS, Josenildo dos *et al.* A Lei Newcomb-Benford. In: CORRAR, Luiz J. *et al.* *Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia*. FIPECAFI. São Paulo: Atlas, 2012. cap. 10, p. 506-537.

SHAPIRO, S. D. Collaring the crime, not the criminal: reconsidering the concept of white-collar crime. *American Sociological Review*, v. 35, n. 3, p. 346-365, 1990. DOI: <https://doi.org/10.2307/2095761>.

THOMAS, J. K. Unusual patterns in reported earnings. *The Accounting Review*, v. 64, n. 4, p. 773-787, 1989.

WHYMAN, G. *et al.* Revisiting the Benford Law: When the Benford-like distribution of leading digits in sets of numerical data is expectable? *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, n. 461, p. 595-601, 2016. DOI: <https://doi.org/10.03.248/j.physa.2016.06.054>.

YANG, S.; WEI, L. Detecting money laundering using filtering techniques: A multiple-criteria index. *Journal of Economic Policy Reform*, v. 13, n. 2, p. 159-178, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/17487871003700796>.