

Análise de Conformidade da Lei de Newcomb-Benford no Ambiente de Auditoria Contínua: Uma Proposta de Identificação de Desvios no Tempo

Autoria: José Isidio de Freitas Costa, Wilton Bernardino da Silva, Silvana Karina de Melo Travassos, Josenildo dos Santos

RESUMO

Este trabalho utilizou-se da Lei de Newcomb-Benford (NB-Lei) para analisar 210.899 valores de notas de empenho emitidas por sessenta unidades gestoras pertencentes a dois estados do Nordeste brasileiro durante o ano de 2010. O objetivo da pesquisa reside em analisar a conformidade da NB-Lei em um ambiente de auditoria contínua como uma proposta de identificação de desvios no tempo. A pesquisa é fundamentada na análise qualitativa e quantitativa, à técnica é empírico-analítica e caracteriza-se como estudo exploratório. A partir dos resultados obtidos conclui-se, existir evidência e viabilidade desse estudo, no auxílio de procedimentos de amostragem em ambientes de auditoria contínua.

Palavras-chave: Lei de Newcomb-Benford; Auditoria Contínua; Gasto Público; Primeiro Dígito Significativo.

1 INTRODUÇÃO

A essência da Lei de Newcomb-Benford (NB-Lei) foi descoberta por Simon Newcomb em 1881 quando inicialmente atentou para o fato de que os livros contendo tábuas de logaritmos, em diversas bibliotecas, apresentavam evidências de um maior desgaste em suas primeiras páginas. Uma vez que as páginas iniciais destes livros continham os valores de logaritmos dos números que começavam com dígitos menores (dígitos 1, 2 e 3, por exemplo), Newcomb concluiu que as pessoas procuravam muito mais por valores de logaritmos que começavam com dígitos menores do que por aqueles que começavam com dígitos mais elevados (dígitos 7, 8 e 9, por exemplo). Newcomb (1881) em seu artigo intitulado “*Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers*” concluiu que, “a lei da probabilidade da ocorrência de números é tal que todas as mantissas dos seus logaritmos são igualmente prováveis.” Ainda nessa linha de trabalho, Benford (1938) evidenciou as mesmas conclusões que Newcomb, apresentando mais de 20.000 resultados de ajustes com a Lei em diversas bases de dados de diferentes ramos de pesquisa.

No contexto de estudos sobre desvios financeiros, o padrão da NB-Lei tem sido utilizado como procedimento de auditoria aplicado à análise de conformidade de um conjunto de dados financeiros, mediante detecção de desvios em relação ao padrão esperado de ocorrência para os dígitos de uma posição analisada. Neste sentido, destacam-se no presente trabalho as pesquisas anteriormente realizadas por Carslaw (1988), Nigrini (1996), Nigrini e Mittermaier (1997), Watrin, Struffert e Ullmann (2008), entre outros.

Procedimentos de auditoria podem ser entendidos como mecanismos de controle aplicados com o propósito de avaliar a legitimidade dos processos e normas de uma entidade do setor público ou privado. Segundo Mills (1994), a auditoria consiste na realização de uma avaliação reconhecida oficialmente e sistematizada pelos interessados, com a finalidade de assegurar que o sistema, programa, produto, serviço e processo aplicáveis apresentem todas as características, critérios e parâmetros exigidos. Conforme Attie (1998, p.25), a auditoria pode ser vista como sendo uma especialidade contábil voltada a testar a eficiência e a eficácia do controle patrimonial implantado com o objetivo de expressar uma opinião sobre um determinado conjunto de informações declaradas para análise.

Dentre os testes estatísticos mais utilizados na análise de conformidade de um conjunto de dados com a NB-Lei, encontram-se os testes Z (Z-teste) e o χ^2 (χ^2 -teste). Nesse sentido, alguns autores notificam que o Z-teste e o χ^2 -teste apresentam um problema em decorrência da utilização de amostras de tamanhos significativamente elevados (denotado por

problema de “excesso de poder”) [ver, por exemplo, Nigrini e Mittermaier (1997), Nigrini (2000) e Krakar e Žgela (2009)]. Os autores ressaltam que, utilizando as estatísticas Z e χ^2 em grandes amostras, pequenos desvios aos padrões da Lei podem ser sinalizadas como estatisticamente significantes mesmo quando são consideradas imateriais.

O presente trabalho tem por objetivo analisar a conformidade da Lei de Newcomb-Benford em um ambiente de auditoria contínua como uma proposta de identificação de desvios no tempo. Para tanto, foram realizadas análises sobre o padrão da NB-Lei na distribuição do primeiro dígito significativo em 210.899 valores de notas de empenho emitidas por sessenta unidades gestoras pertencentes a dois estados do Nordeste brasileiro para o ano de 2010. Numa primeira análise foram elaborados 9 (nove) gráficos com os resultados das frequências observadas e o seu respectivo intervalo de confiança para a aplicação da estatística Z aos dígitos 1 a 9, demonstrando-se visualmente o efeito do tamanho da amostra na utilização do Z -teste. Na análise seguinte foi apresentada uma proposta de análise no tempo para o padrão de dígitos da NB-Lei, mediante a utilização de séries de discrepâncias relativas.

A questão que norteia este trabalho é a seguinte: *Que proposta emerge da necessidade de identificação de desvios no tempo em relação à análise de conformidade da Lei de Newcomb-Benford no ambiente de auditoria contínua?* Nesse intuito, propõe-se a utilização de uma medida de variação percentual relativa a qual é denotada por discrepância relativa.

Justifica-se a presente pesquisa em decorrência dos seguintes fatos: (1) a importância de um monitoramento na ocorrência de desvios padrões à NB-Lei na determinação de indicativos de irregularidades; (2) importância da implementação de controles concomitantes num ambiente de auditoria digital; (3) subsidiar as equipes de auditoria na seleção dos dados que integrarão a sua amostra de análise com a propositura de metodologias fundamentadas na NB- Lei.

Além da presente introdução, este trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve o referencial teórico apresentando a auditoria contínua, em seguida a Lei de Newcomb-Benford, discutindo trabalhos relacionados com o tema da pesquisa e algumas técnicas de inferência estatística frequentemente utilizadas em análises de frequência de dígitos a partir da NB-Lei; a seção 3 discute a metodologia utilizada nesta pesquisa; em seguida na seção 4 apresentam-se os resultados das análises empíricas realizadas e por fim a seção 5 contém as considerações finais do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Auditoria Contínua

Existem várias definições para auditoria, em um contexto mais amplo a auditoria pode ser entendida como uma avaliação oficialmente reconhecida e sistematizada pelos interessados, tendo por objetivo assegurar que o sistema, programa, serviço ou processos auditados possuam todas as características, critérios e parâmetros exigidos (Costa, 2012).

Para Arens et al. (2004) a auditoria contínua (AC) funcionaria como um sistema de contabilidade computadorizado no qual os auditores podem executar testes ao longo do ano, de forma a identificar transações significantes ou incomuns, bem como determinar se existe qualquer alteração realizada neste sistema informatizado de controle.

A auditoria contínua caracteriza-se por produzir resultados simultâneos, ou em pequenos períodos de tempo, após a ocorrência do evento relevante controlado, possibilitando ao auditor detectar a ocorrência de um evento que esteja fora das normas ou fora dos controles. Para tanto, o processo de auditoria contínua dependeria da existência de sistemas

informatizados de controle e dados armazenados em formato eletrônico (Vasarhelyi & Halper, 1991).

A execução deste controle concomitante, a ser exercido em um processo de auditoria contínua, tem na tempestividade o seu melhor atributo quando comparado ao modelo de auditoria tradicional, *a posteriori* (Costa, Santos, & Travassos, 2012). Para Lima e Vieira (2002) o controle concomitante é realizado em paralelo com os eventos controlados, sendo por isso considerado o mais eficaz, dada a possibilidade de sustação dos efeitos do ato irregular porventura detectado. Murcia, Souza e Borba (2008) ressaltam, entretanto, que o custo de sua implantação só seria viável economicamente mediante a utilização de uma execução automatizada.

Muito embora a implantação de rotinas automatizadas de auditoria seja uma realidade, sobretudo na área de análise de risco em concessão de crédito administrado pelas empresas de cartões de crédito, a sua utilização é de fato ainda uma promessa quando comparada ao seu potencial de uso (Costa, Santos, & Travassos, 2012). Cita-se como exemplo desta aplicação à auditoria no setor público: realização de testes automáticos para a verificação do cumprimento dos limites licitatórios ante o valor das despesas empenhadas; verificação da regularidade fiscal dos fornecedores de bens e serviços à administração e monitoramento de desvios no comportamento da despesa em relação ao seu valor projetado. Destaca-se neste trabalho o resultado de uma aplicação prática na qual foram utilizados métodos contabilométricos voltados à análise da conformidade da NB-Lei em um ambiente de auditoria contínua como uma proposta de identificação de desvios no tempo, fundamentada em metodologia interdisciplinar utilizada por Nigrini (1996), Carslaw (1988), Krakar e Žgela (2009) e Žgela (2011).

2.2 A Lei Newcomb-Benford

Estudos pioneiros sobre a NB-Lei foram desenvolvidos por Newcomb (1881) e Benford (1938) onde evidenciaram que as probabilidades de ocorrência de números iniciados por dígitos menores são superiores às probabilidades de ocorrência de números iniciados por dígitos mais elevados. No contexto da Teoria das Probabilidades, autores como Hill (1995, 1996), Pinkham (1961) e Raimi (1969) mostraram que a NB-Lei se aplica em dados de natureza numérica que apresentem invariância com respeito a escala e que sejam advindos de uma natureza aleatória.

Um estudo inicial sobre a Lei de Newcomb-Benford em um contexto aplicado às ciências sociais foi realizado por Varian (1972). Nesse trabalho, o autor observa aspectos da lei em dados financeiros de planejamento público e conclui positivamente sobre a utilização da NB-Lei no auxílio à detecção de irregularidades financeiras.

O estudo realizado por Carslaw (1988) analisa demonstrações financeiras de 220 companhias da Nova Zelândia. O autor observou, na análise dos dígitos da segunda posição, que o dígito zero apresentava um excesso de ocorrências relativamente ao estabelecido pela NB-Lei enquanto que o dígito 9 apresentava uma frequência inferior ao valor proposto na Lei. O autor justifica esse fato como uma tendência à ocorrência de arredondamentos para cima (por exemplo, utiliza-se 3.0 ao invés de 2.9; utiliza-se 5 ao invés de 4.9) a qual pode estar associada à possíveis estratégias de manejo numérico tendo a finalidade de se atingir metas financeiras, por exemplo. Estudo semelhante foi proposto por Thomas (1989) no qual o autor estuda padrões da NB-Lei em informações de lucro de empresas americanas.

No estudo de Nigrini (1999), o autor evidencia o padrão da NB-Lei no crescimento exponencial de uma variável no tempo. Nesse sentido, o autor considera um fundo mútuo crescendo a uma taxa de 10% ao ano. Supondo os recursos do fundo em um patamar inicial de 100 milhões, o primeiro dígito significativo do valor total dos recursos é 1 e só irá se

modificar quando o valor total dos recursos do fundo alcançar o montante de 200 milhões. Essa mudança na primeira posição significativa (de 1 para 2) só ocorrerá se houver um aumento de 100 milhões nos recursos do fundo. Dado que a taxa de crescimento é de 10% ao ano, são necessários 10 anos para que isso aconteça. Caso a mudança no primeiro dígito fosse de 5 para 6 (mudando os recursos de 500 milhões para 600 milhões), dada a mesma taxa de crescimento, esse tempo seria de apenas 2 anos. Para uma mudança de 900 milhões para 1 bilhão, à mesma taxa de crescimento, o tempo necessário seria de 1 ano e 1 mês. Esse comportamento é característico do padrão da NB-Lei.

Hill (1995) deduziu a equação base para o cálculo das proporções dos dígitos aparecerem à esquerda numa série de números em conformidade com uma distribuição NB-Lei como sendo:

$$\log_{10} \left(1 + \frac{1}{a} \right) \quad (1)$$

Em estudo com dados dos contribuintes dos Estados Unidos da América, Nigrini (1996) evidenciou o padrão da NB-Lei em informações financeiras de declarações de imposto de renda. Outros autores, a exemplo de Huxley (2001), Ashcroft, Bae e Norvell (2002), Kumar e Bhattacharya (2002) e Posch (2004), também utilizaram em seus estudos o padrão da NB-Lei como ferramenta auxiliar em processos de auditoria.

Em uma aplicação para o Brasil, Santos, Ribeiro Filho, Lagioia, Alves Filho e Araújo (2009) avaliaram a utilização da NB-Lei no âmbito de auditoria tributária do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS). Para tanto, os autores analisaram um histórico de notas fiscais emitidas por uma empresa de publicidade no período de 2002 a 2005. Os resultados obtidos evidenciaram a existência de possíveis desvios em respeito à emissão e escrituração das notas fiscais da relativa empresa, fatos que foram confirmados pelos resultados da fiscalização.

A Tabela 1 descreve as probabilidades de ocorrência (dadas pelos valores de p_{ei} , $i = 1, \dots, 9$) da NB-Lei para cada um dos dígitos de 1 a 9 na primeira posição significativa. Como pode-se observar, as probabilidades associadas aos dígitos 1 a 5 são superiores às dos dígitos 6 a 9, fato que contraria o senso comum de que as ocorrências dos dígitos estejam associadas a eventos equiprováveis. A NB-Lei fortalece que esse comportamento, de fato, não prevalece.

Uma importante aplicação da NB-Lei, sugerida inicialmente por Varian (1972), é dada no auxílio à detecção de desvios financeiros.

Tabela 1
Probabilidade de Ocorrência do Primeiro Dígito Significativo

<i>I</i>	<i>P_{ei}</i>
1	0,301030
2	0,176091
3	0,124939
4	0,096910
5	0,079181
6	0,066947
7	0,057992
8	0,051153
9	0,045757

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Inferência Estatística em Análises de Frequências de Dígitos

Alguns testes estatísticos foram utilizados em estudos com ênfase em análises de detecção de desvios financeiros [ver, por exemplo, Varian (1972), Carslaw (1988), Nigrini (1996), entre outros]. Dentre os testes utilizados, destacam-se os testes Z (Z -teste) e o χ^2 (χ^2 -teste).

No contexto da NB-Lei, a utilização do Z -teste pode ser dada na realização de inferências sobre as frequências dos dígitos 0 a 9 individualmente observadas para as primeiras posições significativas em um conjunto de informações numéricas. Na presente pesquisa a estatística de teste é dada por:

$$Z = \frac{PO_i - PE_i}{\sqrt{PE_i(1-PE_i)}}, \quad (2)$$

onde, $PE_i = p_{ei} \times n$, $PO_i = p_{oi} \times n$, em que n denota o tamanho da amostra. Dessa forma, ao nível de significância de $\alpha = 0,05$, rejeita-se H_{0A} quando $Z < -Z_{\text{crítico}}$ ou se $Z > Z_{\text{crítico}}$. Para o nível de significância $\alpha = 0,05$, será rejeitada a hipótese de inexistência de desvios significativos quando $Z < -1,96$ ou $Z > 1,96$.

Utilizando a estatística Z dada na expressão (2) podem ser obtidos intervalos de confiança [$Ic_{p_{oi}}$] para as frequências observadas p_{oi} , $i = 1, 2, \dots, 9$, conforme expressão a seguir:

$$Ic_{p_{oi}} = \left[p_{ei} - z_c \left(\frac{\sqrt{PE_i(1-PE_i)}}{n} \right), p_{ei} + z_c \left(\frac{\sqrt{PE_i(1-PE_i)}}{n} \right) \right], i = 1, 2, \dots, 9. \quad (3)$$

Com a utilização do χ^2 -teste, o interesse de análise reside em investigar se as frequências dos dígitos em uma determinada posição (por exemplo, as frequências dos dígitos 1 a 9 na primeira posição significativa) seguem os padrões estabelecidos pela NB-Lei. Para a realização do χ^2 -teste, utiliza-se a seguinte estatística de teste:

$$\chi = \sum_{i=1}^9 \frac{(PO_i - PE_i)^2}{PE_i}, \quad (4)$$

onde, $PO_i = p_{oi} \times n$ e $PE_i = p_{ei} \times n$, são as frequências absolutas observadas e esperadas para o dígito i , $i = 1, \dots, 9$, na primeira posição significativa e n denota o tamanho da amostra. Dessa forma, ao nível de significância de $\alpha = 0,05$, rejeita-se H_{0B} quando a estatística $\chi^2 > 15,507$.

Conforme observado por alguns autores, o Z -teste e o χ^2 -teste apresentam um problema em decorrência da utilização de amostras de tamanhos significativamente elevados, implicando em testes com taxas de erro tipo II muito baixas e assim, com poderes bastante elevados. Esse fato é conhecido na literatura por “excesso de poder”. Segundo Nigrini e Mittermaier (1997) o Z -teste rejeita a hipótese nula em amostras de tamanho superior a 100.000 elementos mesmo quando as diferenças entre as frequências observadas e as probabilidades de NB-Lei forem consideradas como imateriais de um ponto de vista da auditoria. De acordo com Krakar e Žgela (2009) o χ^2 -teste também apresenta esse mesmo problema em amostras superiores a 10.000 elementos.

O presente trabalho propõe a utilização de uma medida de variação percentual relativa, a qual é definida por discrepância relativa, em uma análise temporal das frequências observadas para os dígitos 1 a 9 na primeira posição significativa. Tal medida foi também utilizada por Žgela (2011) em um estudo sobre variações percentuais ocorridas entre os anos de 2001 a 2011 no índice DAX do mercado de capitais alemão. No entanto, as análises foram feitas com informações acumuladas para todo esse período de tempo (ao final de 2011).

Na presente proposta de pesquisa, os estudos foram realizados em dados de valores de notas de empenho emitidas por sessenta unidades gestoras divididas entre dois estados do Nordeste brasileiro no ano de 2010. Nesse sentido, a utilização dos testes Z e χ^2 pode implicar em resultados pouco confiáveis, visto que esses testes presumem a utilização de amostras independentes.

Além disso, a utilização desses testes em amostras de tamanhos bastante elevados tendem a conduzir ao problema de “excesso de poder”. Esse fato pode ser observado quando se utiliza um nível de significância α fixo e aumenta-se indefinidamente o tamanho da amostra. Nesse caso, observa-se que os intervalos de confiança para as proporções observadas tendem a ter comprimento próximo de zero.

Outro aspecto importante e de ordem prática é o fato de que em duas amostras com diferenças de tamanhos elevadas ($n_1 \gg n_2$), uma comparação entre os intervalos de confiança construídos com a utilização da estatística Z tenderia a ser pouco informativa, visto que nesse caso a chance relativa de se encontrar informações não conformes com a NB-Lei na amostra de tamanho n_2 é superior a da amostra de tamanho n_1 .

3 PROCEDER METODOLÓGICO

No que concerne à abordagem científica, este trabalho é fruto de uma pesquisa interdisciplinar estrategicamente fundamentada na análise qualitativa e quantitativa que tem como pilares as Ciências Contábeis e as Ciências Matemáticas (teoria da probabilidade, estatística e informática) aplicadas à auditoria das contas públicas. Raupp e Beuren (2008) explicam que a pesquisa quantitativa utiliza-se de instrumentos estatísticos para analisar os dados. A análise qualitativa, de acordo com Denzin e Lincoln (1994), corresponde a um conjunto de operações necessárias para a sistematização e para a formação coerente de um processo de coleta, armazenagem e recuperação de dados. Martins e Theóphilo (2009) completam dizendo que é descabido o entendimento que possa haver pesquisa exclusivamente qualitativa ou quantitativa.

Quanto à técnica de trabalho classifica-se esta pesquisa como empírico-analítica. O estudo exploratório pode ser definido como sendo uma das principais formas de construção do conhecimento que incorpora características inéditas, permitindo ao investigador aumentar sua experiência em torno de um determinado problema Raupp e Beuren (2008) e Triviños (1987).

A metodologia utilizada na presente pesquisa consiste na realização de duas análises empíricas sobre as frequências relativas dos dígitos 1 a 9 observadas na primeira posição significativa em um conjunto de valores de notas de empenho emitidas por sessenta unidades gestoras (UG's) pertencentes a dois estados do Nordeste brasileiro (estados E1 e E2). Nas análises são consideradas trinta UG's por estado, sendo a base de dados referente ao ano de 2010. Em um primeiro estudo, em cada estado, as informações das proporções observadas foram agrupadas por dígito e por unidades gestoras (UG's), sendo totalizadas para o final do ano de 2010. No segundo momento, foram utilizadas séries diárias das discrepâncias relativas das frequências observadas às respectivas probabilidades esperadas pela NB-Lei.

No enfoque desse estudo, discrepâncias relativas são definidas como os quocientes das diferenças entre as frequências de dígitos observadas (calculadas dos dados) e as respectivas probabilidades esperadas pela NB-Lei $[(p_{oi} - p_{ei}), i = 1, \dots, 9]$ pelas respectivas probabilidades esperadas. Por exemplo, considerando o dígito 1 na primeira posição significativa, a expressão da discrepância relativa à probabilidade esperada pela NB-Lei (dada por $p_{e1} \approx 0.301$) no período t é calculada utilizando a seguinte expressão:

$$Dr_1(t) = \frac{p_{o1}(t) - p_{e1}}{p_{e1}}, \quad (5)$$

em que $p_{o1}(t)$ denota a frequência relativa do dígito 1 na primeira posição significativa no t -ésimo período de tempo. No que tange aos resultados das análises, estes sugerem que a utilização de informações temporais sobre as frequências dos dígitos observadas permite a identificação de períodos de formação dos maiores desvios, além de possibilitar um estudo mais detalhado sobre unidades gestoras que apresentem padrões de desvio específicos, agregando informação ao procedimento de amostragem em ambientes de auditoria contínua.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a primeira análise, foram calculadas as frequências relativas de cada dígito (1 a 9) organizando-se os valores dos empenhos emitidos no ano de 2010 por unidade gestora (UG's 1 a 30 em cada estado) e por estado (estados E1 e E2). O objetivo desse estudo reside em avaliar, de uma forma geral, o comportamento das frequências dos dígitos 1 a 9 na primeira posição significativa.

Partindo-se da veracidade da hipótese de que a NB-Lei é uma lei matemática que governa a distribuição natural dos dígitos que compõem os números, a ocorrência de desvios de conformidade na distribuição dos dígitos em relação às frequências previstas na Lei em destaque evidenciaria a interferência do ser humano [ver Diniz, Corrar e Slomski (2010)]. Dessa forma, os desvios sinalizados resultantes das análises seriam indicativos da interferência humana no comportamento natural dos números, sendo esta interferência, por sua vez, um possível indicativo da ocorrência de erros ou fraudes.

No contexto da presente análise, com enfoque na determinação dos desvios de conformidade observado para cada dígito, enfatiza-se que as discrepâncias relativas positivas sinalizarão o conjunto de informações de maior relevância para um processo de amostragem de auditoria cuja finalidade seja a identificação dos empenhos não conformes com a NB-Lei. Como justificativa para esse fato, suponha-se que a um conjunto de valores de empenhos conformes com a NB-Lei sejam acrescentados x valores de empenhos iniciados com cada um dos dígitos 1 a 8, totalizando $8x$ acréscimos (x em cada dígito).

Nesse caso, em uma análise feita apenas para o dígito 9, não seria possível localizar os empenhos acrescentados enquanto que, em uma análise para os dígitos 1 a 8 isso seria possível. Muito embora as quantidades acrescentadas aos dígitos sejam as mesmas (x para cada dígito), as chances de encontrar um elemento não conforme inserido serão maiores em uma amostra formada pelos elementos iniciados pelo dígito 8. Isto ocorre porque a proporção de empenhos alterados no grupo de valores iniciados pelo dígito 8 seria (x/N_8) , um valor superior às respectivas proporções referentes aos demais dígitos.

As Figuras 1 a 6 contêm os gráficos das frequências relativas observadas (frequências para a primeira posição significativa) contra o número de empenhos emitidos por cada UG no ano de 2010. As Figuras 1 a 3 referem-se ao estado E1 enquanto que as Figuras 4 a 6 ao estado E2. Em cada gráfico, também são mostrados os intervalos de confiança para cada frequência observada. Os intervalos de confiança foram construídos conforme descrito na expressão (3) da seção 2.3, restando evidente o sendo $\alpha = 0,05$ (isto é, o grau de cobertura considerado é de 95%). Como se pode observar, em todas as Figuras, à medida que o número de empenhos (n) aumenta, existe uma tendência à conformidade com a NB-Lei. Este fato pode ser observado para as UG's 1 e 2 do estado E1, respectivamente com 27.691 e 11.809 empenhos cada e para as UG's 3 e 12 do estado E2 com 21.796 e 11.006 empenhos.

Em linhas gerais, em ambos os estados, observa-se uma maior dispersão das frequências observadas em torno das frequências esperadas (estabelecidas pela NB-Lei) quando o número de empenhos é inferior a 5.000. Ainda no contexto dessa análise, um fato a ser observado é que gráficos tais como os das Figuras 1 a 6 permitem a realização de uma

análise geral e comparativa sobre todos os dígitos, sinalizando as unidades gestoras que apresentam os maiores desvios à NB-Lei por meio de frequências observadas muito distantes das bandas de confiança estabelecidas.

No entanto, assim estruturada, esta análise não permite avaliar o período ao longo do ano de 2010. Adicionalmente, dado um número de empenhos significativamente elevado, sendo α fixado, os intervalos de confiança para as proporções observadas tendem a ter comprimento próximo de zero. Isto se deve ao fato de que, a um nível nominal fixo (valor de α fixado), o poder do Z-teste tende a um valor próximo de 1 a medida em que o tamanho da amostra aumenta indefinidamente. Estes intervalos de confiança evidenciarão o efeito do “excesso de poder” citado por Nigrini e Mittermaier (1997) e Krakar e Žgela (2009).

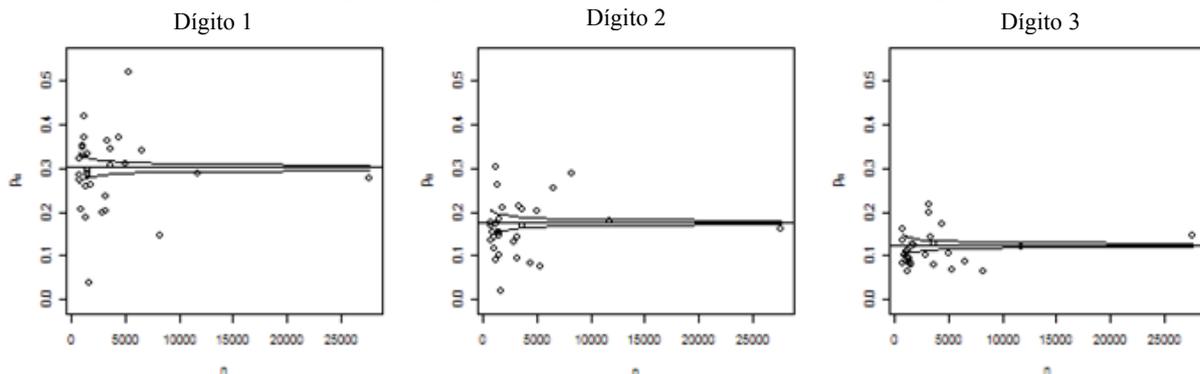


Figura 1. Gráficos das frequências observadas para o estado E1 no período no ano de 2010 dos dígitos 1, 2 e 3

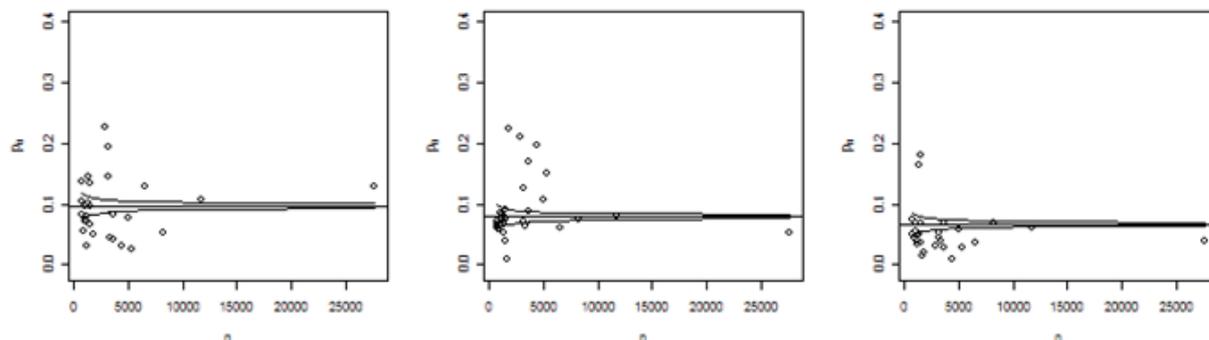


Figura 2. Gráficos das frequências observadas para o estado E1 no período no ano de 2010 dos dígitos 3, 4 e 5

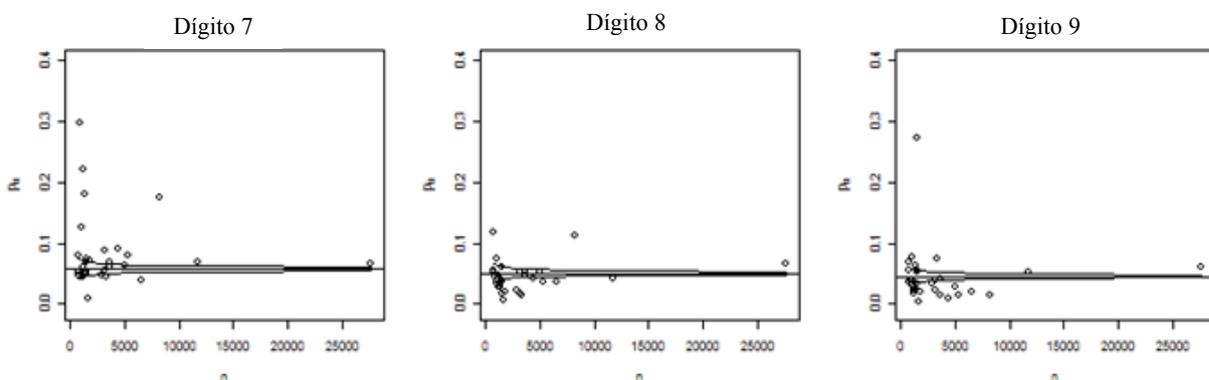


Figura 3. Gráficos das frequências observadas para o estado E1 no período no ano de 2010 dos dígitos 7, 8 e 9

Dígito 1

Dígito 2

Dígito 3

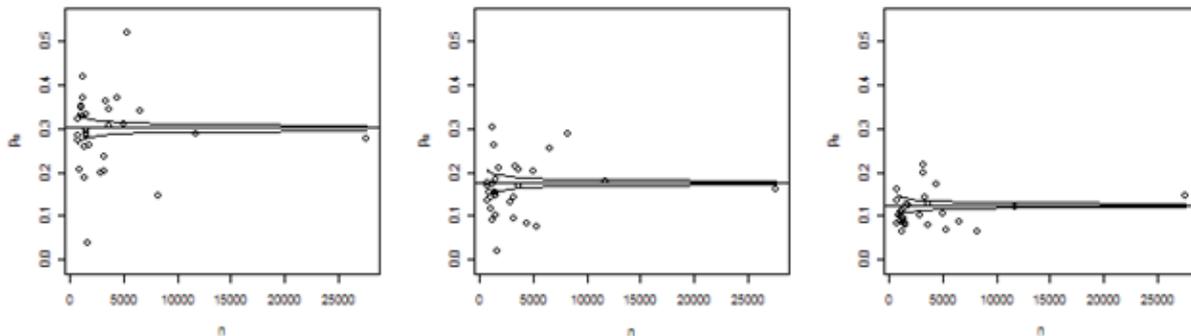


Figura 4. Gráficos das frequências observadas para o estado E2 no período no ano de 2010 dos dígitos 1, 2 e 3

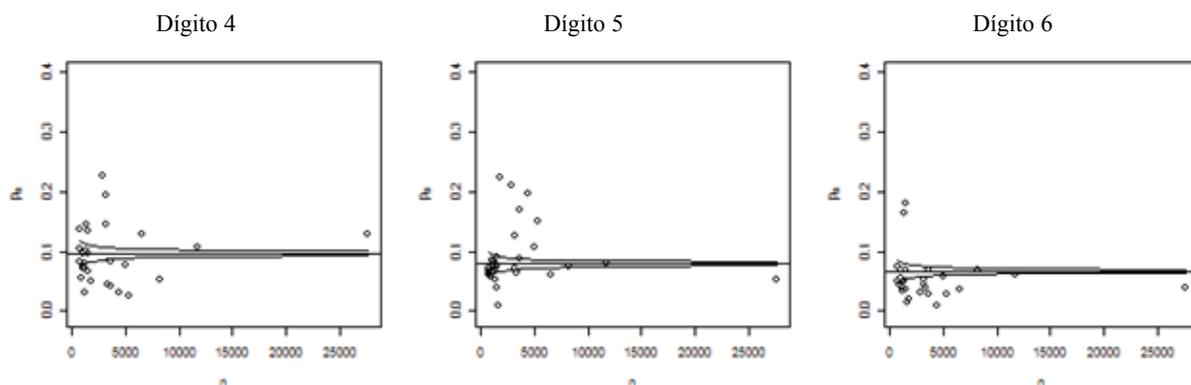


Figura 5. Gráficos das frequências observadas para o estado E2 no período no ano de 2010 dos dígitos 4, 5 e 6

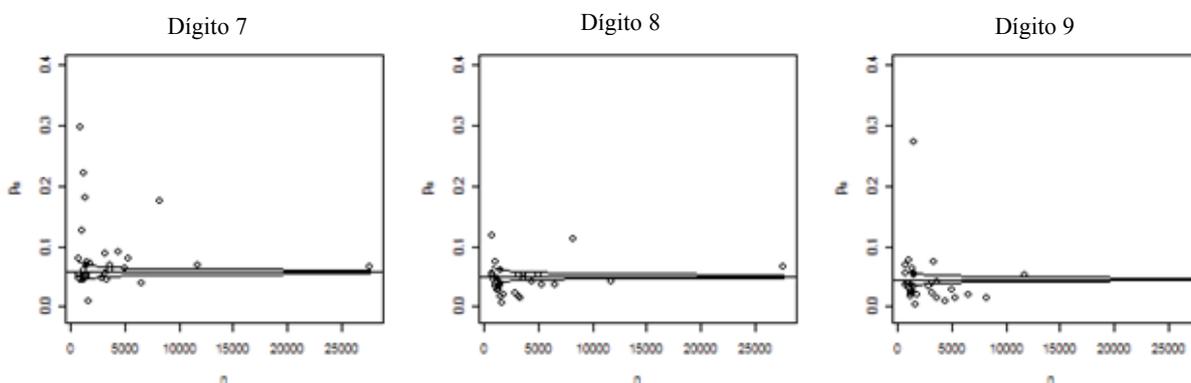


Figura 6. Gráficos das frequências observadas para o estado E2 no período no ano de 2010 dos dígitos 7, 8 e 9

Na análise seguinte, propõe-se a utilização de séries diárias das discrepâncias relativas, conforme definidas na expressão (5) da seção 3. Esta análise tem a finalidade de observar os comportamentos dos desvios às probabilidades da NB-Lei ao longo do ano de 2010 e não apenas ao final desse período. Conforme discutido nas seções 2.3 e 3, o uso das discrepâncias relativas permite a realização de análises no tempo, o que não seria algo adequado com a utilização de valores da estatística Z , uma vez que o Z -teste presume a utilização de amostras independentes. Além disso, há uma perda em aspectos comparativos em análises de amostras com diferenças de tamanho elevadas.

As Figuras 7 a 9 contêm os gráficos das séries diárias de discrepâncias relativas para os dígitos de 1 a 9 no período de 17/01/2010 a 31/12/2010 considerando o total de valores de empenhos emitidos pelas unidades gestoras pertencentes ao estado E2. Vale observar que em todas as análises, a escolha da data de início das séries atendeu a uma quantidade mínima de $n = 100$ empenhos. O padrão de desvios observado na Figura 7, com excessos de ocorrência no dígito 7 e faltas nos dígitos 6, 8 e 9, já foi identificado por Costa, Santos e Travassos (2012), Costa (2012) e Costa *et al* (2013) em análise realizada no comportamento da despesa

pública, sendo interpretado pelos autores como uma provável influência do limite de dispensa do processo licitatório (previsto na Lei Federal nº 8.666/93) no comportamento do gasto público.

Os desvios sugerem, dado que o limite de dispensa para compras e serviços que não sejam de engenharia é de até R\$ 8.000,00, a ocorrência de um possível deslocamento dos valores iniciados pelos dígitos 6, 8 e 9 para o dígito ‘7’, em valores inferiores ao limite legal estabelecido, evitando-se desta forma a necessidade de realização de processos licitatórios.

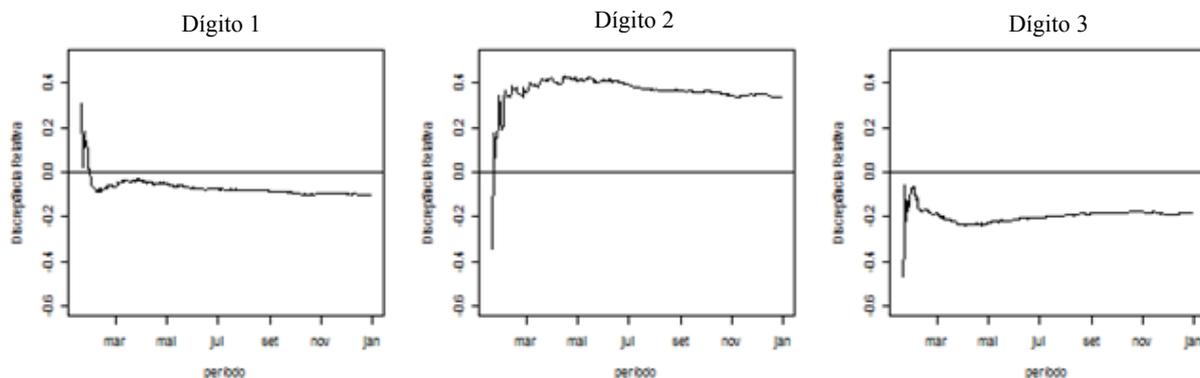


Figura 7. Gráficos diários das séries de discrepâncias relativas para o estado E2 no período de 17/01/2010 a 31/12/2010 dos dígitos 1, 2 e 3

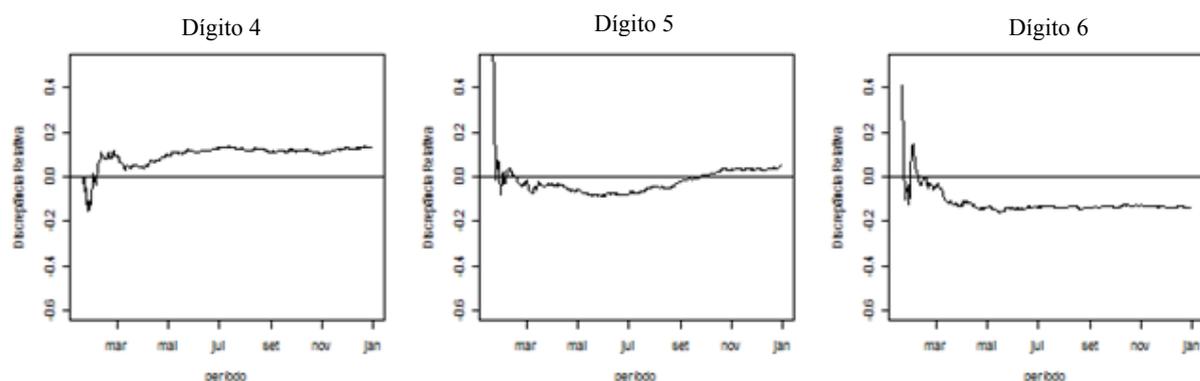


Figura 8. Gráficos diários das séries de discrepâncias relativas para o estado E2 no período de 17/01/2010 a 31/12/2010 dos dígitos 4, 5 e 6

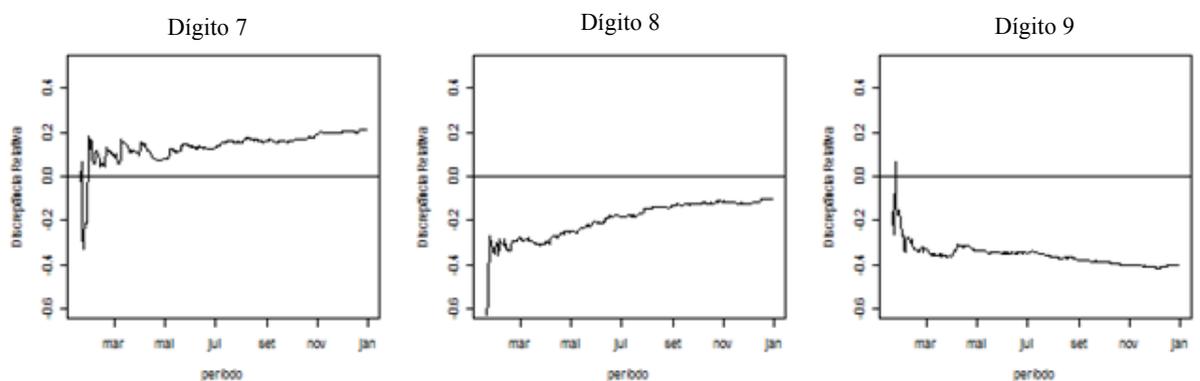


Figura 9. Gráficos diários das séries de discrepâncias relativas para o estado E2 no período de 17/01/2010 a 31/12/2010 dos dígitos 7, 8 e 9

Observando as Figuras 10 a 12, referentes ao estado E1 no período de 13/01/2010 a 31/12/2010, notam-se mais uma vez que o padrão de desvios observados para os dígitos 6, 7,

8 e 9 também ratifica uma possível influência do limite licitatório sobre a realização das despesas do estado E1, visto que foram observados desvios por falta nos dígitos 6 e 9 acompanhados de desvio por excesso no dígito 7. O dígito 8, embora tenha apresentado desvio por excesso a partir do dia 27/01/2010, demonstrou evidências da influência do limite licitatório, visto que 1.279 empenhos, dentre 5.878 empenhos iniciados pelo dígito 8, possuíam valor igual ao limite licitatório de até R\$ 8.000,00, ou seja, 21,76% do total.

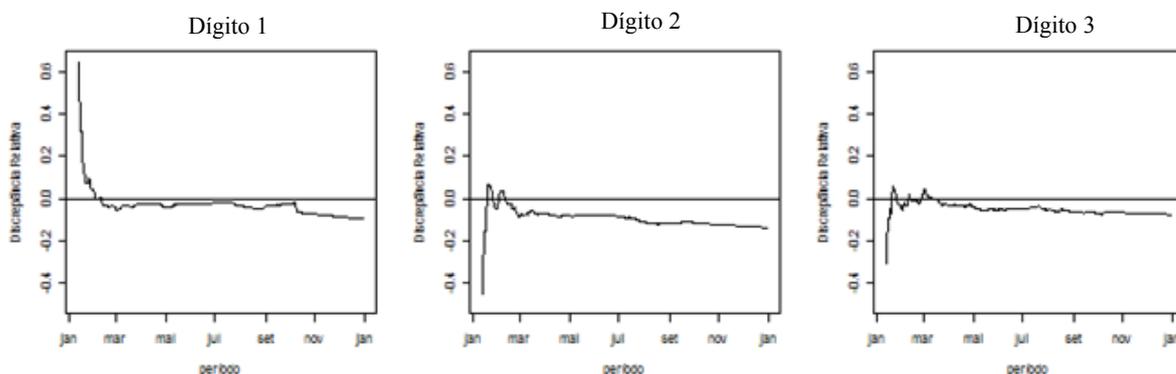


Figura 10. Gráficos diários das séries de discrepâncias relativas para o estado E1 no período de 13/01/2010 a 31/12/2010 dos dígitos 1, 2 e 3

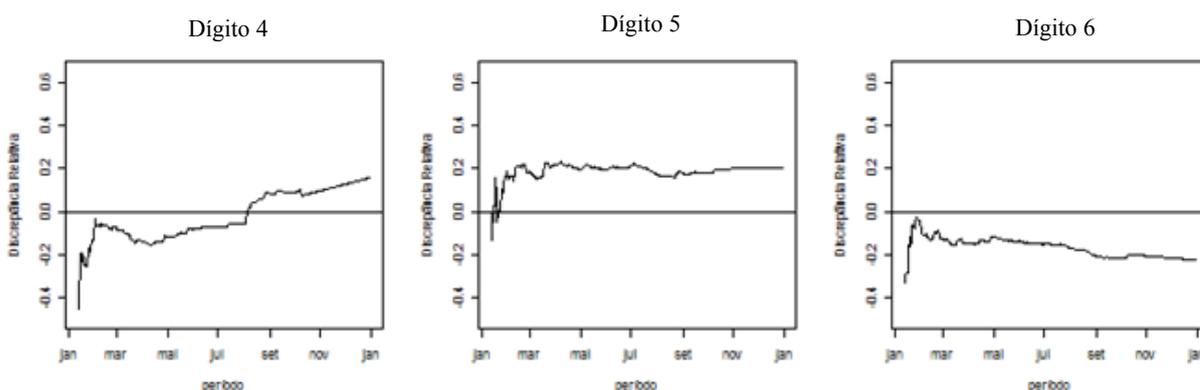


Figura 11. Gráficos diários das séries de discrepâncias relativas para o estado E1 no período de 13/01/2010 a 31/12/2010 dos dígitos 4, 5 e 6

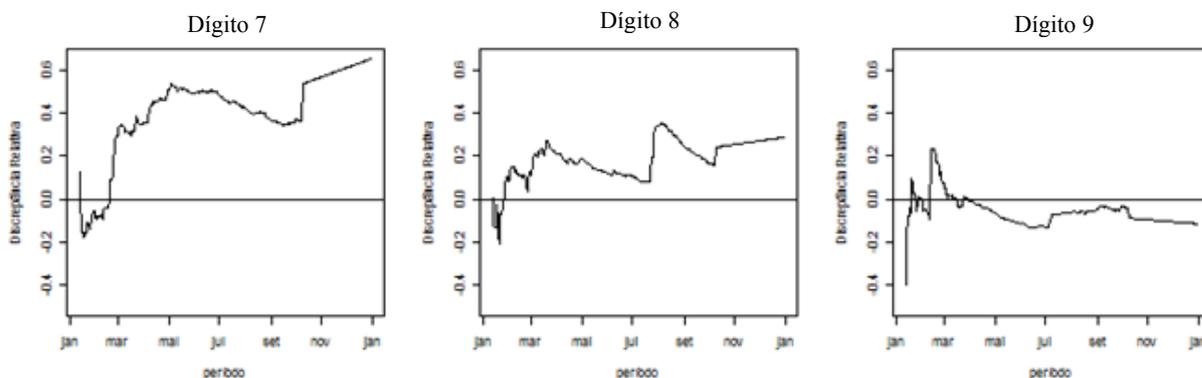


Figura 12. Gráficos diários das séries de discrepâncias relativas para o estado E1 no período de 13/01/2010 a 31/12/2010 dos dígitos 7, 8 e 9

A Figura 13 contém o gráfico da série das discrepâncias relativas observadas para o dígito 8 retirando-se da amostra os 1.279 empenhos com valores iguais ao limite de licitação (R\$ 8.000,00) dentro do mesmo período considerado na Figuras 7 a 9. Conforme se pode observar, em contraste com o gráfico do dígito 8 na Figura 12, há uma mudança no

comportamento da série (antes tipicamente crescente e depois, tipicamente decrescente). Dessa forma, conclui-se que os excessos no dígito 8 foram provocados principalmente pela grande quantidade de empenhos emitidos com valor igual a esse limite (R\$ 8.000,00) ao longo de todo o ano de 2010.

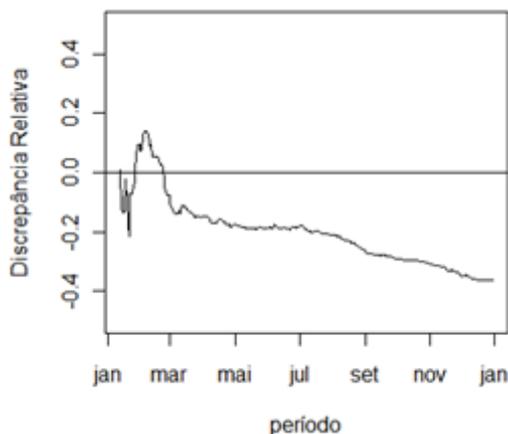


Figura 13. Gráficos das discrepâncias relativas observadas para o dígito 8 na primeira posição significativa sendo consideradas todas as UGs do estado E1 no período de 13/01/2010 a 31/12/2010.

Com um enfoque particular, foram identificadas na segunda análise duas unidades gestoras do estado E2 (UG's 8 e 15), as quais apresentaram variações positivas no decorrer do exercício analisado e que foram compensadas em sua maior parte até o final do ano de 2010. A Figura 14 contém o gráfico da série de discrepâncias relativas observadas para o dígito 2 na primeira posição significativa dos valores das notas de empenho declaradas pela UG 15 do estado E2 no ano de 2010.

Observando a Figura 14, nota-se um comportamento crescente para a discrepância relativa do início de janeiro até o final do mês de junho de 2010, obtendo em 25/07/2010 o seu desvio positivo máximo de 87%. Apesar da ocorrência deste expressivo desvio no primeiro semestre, vê-se que no semestre seguinte houve um comportamento inverso, com uma redução gradual dos desvios até atingir o patamar de 23,5% ao final do exercício. No caso da UG 15, a frequência observada para o dígito 2 foi 0.217 para o ano de 2010, valor fora do intervalo de confiança com grau de cobertura 95% ($Ic = [0.161, 0.190]$). Dessa forma, o Z-teste bicaudal rejeita a hipótese nula de que a frequência observada para o dígito 2 seja igual a probabilidade estabelecida pela NB-Lei (≈ 0.176) ao nível de significância $\alpha = 0.05$.

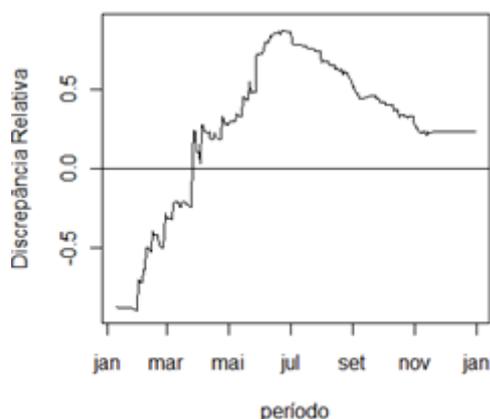


Figura 14. Gráficos das discrepâncias relativas observadas para o dígito 2 na primeira posição significativa sendo considerada a UG 15 do estado E2 no período de 13/01/2010 a 31/12/2010.

A Figura 15 mostra o gráfico das discrepâncias relativas correspondente ao dígito 7 considerando as informações financeiras da UG 8 do estado E2. Como se podem observar, no período entre o final de maio e início de junho, os valores das discrepâncias relativas apresentaram um rápido e significativo aumento, atingindo o seu ponto máximo em 16//06/2010 com um desvio positivo de 68,63%. A partir deste ponto o que se viu foi uma redução dos desvios até o encerramento do exercício de 2010, com uma discrepância relativa de 7,41%. Diferentemente da UG 15, no caso da UG 8 a frequência observada para o dígito 7 ao final do ano de 2010 foi de 0.062, valor dentro do intervalo de confiança com grau de cobertura 95% ($Ic = [0.049, 0.066]$).

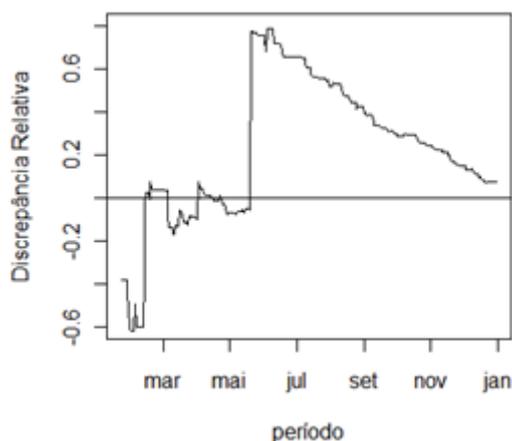


Figura 15. Gráficos das discrepâncias relativas observadas para o dígito 7 na primeira posição significativa sendo considerada a UG 8 do estado E2 no período de 13/01/2010 a 31/12/2010.

Os dois exemplos anteriores evidenciam que a realização de uma análise temporal, tal qual proposta na presente pesquisa, tanto possibilita a identificação de picos de desvios ocorridos no período analisado como permite determinar com uma maior precisão os elementos de interesse à formação da amostra a ser auditada. Por outro lado, partindo-se dos valores das discrepâncias relativas positivas, é possível estimar a probabilidade de detecção dos elementos em excesso. Tomando-se, por exemplo, o cálculo do desvio observado para o dígito 7 no período de tempo t , partindo-se da expressão $Dr_7(t) = \frac{p_{o7}(t) - p_{e7}}{p_{e7}}$, a quantidade $\frac{Dr_7(t)}{Dr_7(t)+1} = \frac{p_{o7}(t) - p_{e7}}{p_{o7}}$, representa a chance relativa de se encontrar empenhos que ocasionaram desvios por excesso no conjunto de valores dos empenhos iniciados pelo dígito 7. No caso da UG 8 da análise anterior, conforme pode ser visto na Figura 15, no início de junho a discrepância relativa atingiu o valor de 0.68, o que significa que a chance relativa de se encontrar valores de notas de empenho em excesso relativamente à NB-Lei no conjunto de empenhos iniciados pelo dígito 7 é de cerca de 40,47%.

Vê-se pelos resultados acima que a utilização das discrepâncias relativas, ao contrário dos testes Z e χ^2 que se tornam mais rigorosos quando a quantidade de elementos analisados aumenta, refletirão a proporção de desvios observados independentemente do tamanho da amostra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou a conformidade da NB-Lei como uma proposta de identificação de desvios no tempo em um ambiente de auditoria contínua. Em particular, utilizando-se valores de notas de empenho emitidas por sessenta unidades gestoras de dois estados do Nordeste brasileiro no ano de 2010, buscou-se investigar a distribuição do primeiro dígito significativo ao final e no decorrer do ano.

Nas análises realizadas utilizou-se de uma medida de variação relativa (denominada discrepância relativa) a qual permitiu avaliar a evolução dos desvios das frequências observadas para os dígitos 1 a 9, relativamente às respectivas probabilidades estabelecidas pela NB-Lei, isto no decorrer do ano em análise.

Foi observado em razão da análise gráfica das frequências observadas e séries diárias das discrepâncias relativas, vide Figuras 1 a 12, a formação de padrões típicos de possíveis fulgas à lei de licitações (Lei Federal nº 8.666/93) conforme discutido em Costa, Santos, e Travassos (2012). Além disso, com a utilização das discrepâncias relativas no tempo, identificou-se a UG 8 do estado E2 a qual apresentou ocorrência de desvios significativos no decorrer do período ($Dr = 68,63\%$) em contraste com o respectivo desvio observado ao final do período (de apenas 7,41%), ocasionando inclusive a não rejeição da hipótese nula (H_{0A}) para o dígito 7 analisado. Outrossim, demonstrou-se neste trabalho que análises de conformidade com a NB-Lei, realizadas mediante utilização das discrepâncias relativas, permitem ainda identificar o risco de se encontrar elementos com excesso de ocorrência para os dígitos analisados independentemente do tamanho da amostra, diferentemente do observado com os testes Z e χ^2 que se tornam mais rigorosos quando a quantidade de elementos analisados aumenta.

Isto posto, conclui-se em razão dos resultados aqui observados que a realização de uma análise temporal de conformidade com a NB-Lei, tal qual proposta na presente pesquisa, tanto possibilita a identificação de picos de desvios ocorridos no período analisado como permite determinar com uma maior precisão elementos de interesse à formação de amostragens em ambiente de auditoria contínua.

REFERÊNCIAS

- Arens, A.A.; Elder, R. J.; Beasley, M. S. *Auditing and Assurance Services*, Tenth Edition, Prentice Hall, 2004.
- Ashcroft, P., Bae, B., & Norvell, J. (2002, September/October). Application of digital analysis in the audit. *Today's CPA*, p. 31-35.
- Attie, W. (1998). *Auditoria, Conceitos e Aplicações*. (3. ed.). São Paulo: Atlas.
- Benford, F. (1938). The law of anomalous numbers. *Proceedings of the American Philosophical Society* 78 (4), 551-572.
- Carlsaw, C. A. P. N. (1988, April). Anomalies in income numbers: evidence of goal oriented behavior. *The Accounting Review*, 2 (LXIII), 321-327.
- Costa, J. I. F. (2012). *Desenvolvimento de metodologias contábilométricas aplicadas à auditoria contábil digital: uma proposta de análise da lei de Newcomb-Benford para os Tribunais de Contas*. 447 f. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Costa, J. I. F., Santos, J., & Travassos, S. K. M. (2012, setembro/outubro/novembro/dezembro). Análise de conformidade nos gastos públicos dos entes federativos: estudo de caso de uma aplicação da Lei de Newcomb-Benford para o primeiro e segundo dígito em dois estados brasileiros. *Revista de Contabilidade & Finanças – USP*, São Paulo, 23 (60) 187-198.
- Costa, J. I. F.; Travassos, S. K. M., Soeiro, T. M., & Santos, J. S. Statistical analysis in detection of deviation occurrence in the distribution of first significant digit of state public spending in relation to the standard distribution defined in Newcomb-Benford's law. *Proceeding of the CONTECSI International Conference on Information Systems and Technology Management*, São Paulo, Brazil, 10. (Prevision Screen – June/ 2013)

- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (1994). *Handbook of qualitative research*. Sage Publications: London.
- Diniz, J. A., Corrar, L. J., & Slomski, V. (2010). Análise digital: uma abordagem cognitiva na detecção de não conformidade em prestações de contas municipais. *Anais do Congresso Controladoria e Contabilidade USP*, São Paulo, SP, Brasil, 10. Recuperado em 12 julho, 2010, de <http://www.congressosp.fipecafi.org/artigos102010/474.pdf>.
- Hill, T.P. (1995). Base-invariance implies Benford's law. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 123 (3), 887-895.
- Hill, T. P. (1996). A Statistical derivation of the Significant-Digital Law. *Statistical Science*, 10 (4), 354-363.
- Huxley, S. J. (2001). Why Benford's Law works and How to do digit analysis on spreadsheets. *University of San Francisco website*. Retrieved from September 06, 2011 <http://usf.usfca.edu/fac-staff/~huxleys/Benford.html>
- Krakar, Z., & Žgela, M. (2009, July). Application of Benford's law in information systems auditing. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 33 (1), 39-51.
- Kumar, K., & Bhattachary, S. (2002). Benford's law and its application in financial fraud detection. *The Advances in Financial Planning and Forecasting* 11, 57-70.
- Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da administração pública e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 junho de 1993. Recuperado em 24 junho, 2011, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666cons.htm.
- Lima, A. L. P. & Vieira, S. S. C. (2002). *Auditoria e Controle*, Caderno 1, n. 1.
- Martins, G. A., & Theóphilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação científica para as ciências sociais aplicadas. (2a ed.). São Paulo: Atlas.
- Mills, A. C. (1994). *A auditoria da qualidade: uma ferramenta para avaliação constante e sistemática da manutenção da qualidade*. (5. ed.). São Paulo: Makron Books.
- Murcia, F. D., Souza, F. C., & Borba, J. A. (2008). Continuous audit: a literature review. *Revista Organizações em Contexto (online)*, 4 (7), 1-17.
- Newcomb, S. (1981). Note on the frequency of use of the different digits in natural numbers, *AJM*, 4(1), 39-40.
- Nigrini, M. J. (1996). A taxpayer compliance application of Benford's law. *The American Taxation Association* 1, 72-91
- Nigrini, M. J. (1999, May). I've got your number – online publications. *Journal of Accountancy*, 187 (5), 79-83.
- Nigrini, M. J. (2000). Digital Analysis Using Benford's Law: Tests? Statistics for Auditors. *Global Audit Publication*. Canada.
- Nigrini, M. J., & Mittermaier, L. J. (1997, September). The use of Benford's Law as an aid in analytical procedures. *Auditing*, 16 (2), 52-68,
- Pinkham, R. S. (1961). On the distribution of first significant digits. *Annals of Mathematical Statistics*, 32 (4), 1223-1230.

- Posh, P. N. (2004). Ziffernanalyse in der Fälschungsaufspürung. Benford's Gesetz und Steuererklärungen in Theorie und Praxis. *Unpublished manuscript*. Retrieved from September 07, 2011 ww.posch.net/paper/posch_faelschungenbenford.pdf.
- Raimi, R. (1969). The peculiar distribution of first significant digits. *Scientific American*, 221 (6), 109-120.
- Raupp, F. M., & Beuren, I. M. (2008). Metodologia da pesquisa aplicável as Ciências Sociais. In Beuren, I. M. (Org.). *Elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e pratica*. (3 ed.). São Paulo: Atlas.
- Santos, J., Ribeiro Filho, J. F., Lagioia, U., Alves Filho, B. F. A., & Araújo, I. J. C. (2009). Aplicações da Lei de Newcomb-Benford na auditoria tributária do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS). *Revista de Contabilidade e Finanças, USP*, São Paulo, 20 (49), 79-94
- Thomas, J. K. (1989). Unusual Patterns in Reported Earnings. *The Accounting Review* 64(4), 773-787. ISSN: 0001-4826.
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas.
- Varian, H. R. (1972). Benford's Law. *The American Statistician*, 26 (3), 65-66.
- Vasarhelyi, M. A., & Halper, F.B. (1991). The continuous audit of online systems. *Auditing: A Journal of Practice and Theory*, 10 (1), 110-125.
- Watrin, C., Struffert, R., & Ullmann, R. (2008, November). Benford's Law: an instrument for selecting tax audit targets? *Review of Managerial Scienc.* 2 (3), 219-237,
- Žgela, M. (2011). Application of Benford's Law in Analysis of DAX Percentage Changes. *Cybernetics and Information Technologies*. 11 (4), 2011.