

Universidade de Brasília (UnB)
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Inf. e Documentação (FACE)
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais (CCA)
Bacharelado em Ciências Contábeis

Ubiratan de Brito Castro

LEI DE NEWCOMB-BENFORD APLICADA NA AVALIAÇÃO DA NORMALIDADE
DAS COTAÇÕES DIÁRIAS NO PREGÃO DA BOVESPA

Brasília
2015

Professor Doutor Ivan Marques de Toledo Camargo
Reitor da Universidade de Brasília

Professor Doutor Roberto de Góes Ellery Júnior
Diretor da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Inf. e
Documentação

Professor Mestre José Antônio de França
Chefe do Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais

Professora Doutora Diana Vaz de Lima
Coordenador de Graduação do curso de Ciências Contábeis - diurno

Professor Doutor Marcelo Driemeyer Wilbert
Coordenador de Graduação do curso de Ciências Contábeis - noturno

Ubiratan de Brito Castro

LEI DE NEWCOMB-BENFORD APLICADA NA AVALIAÇÃO DA REGULARIDADE
DAS COTAÇÕES DIÁRIAS NO PREGÃO DA BOVESPA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação da Universidade de Brasília, como requisito à conclusão da disciplina Pesquisa em Ciências Contábeis e obtenção do grau de Bacharel em Ciências Contábeis.

Orientador: Prof. Mestre Rubens PeresForster

Brasília
2015

CASTRO, Ubiratan de Brito

LEI DE NEWCOMB-BENFORD APLICADA NA AVALIAÇÃO DA
REGULARIDADE DAS COTAÇÕES DIÁRIAS NO PREGÃO DA BOVESPA

Trabalho de Conclusão de curso (Artigo - Graduação) – Universidade de
Brasília, primeiro semestre de 2015

Bibliografia.

1. Mercado de Capitais. Lei de Newcomb-Benford. Pregão da Bovespa
I. Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da
Informação e Documentação da UnB. II. Título.

Este artigo é dedicado à minha esposa,
aos meus pais, e às minhas filhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, professor Rubens Peres Forster, por todo apoio oferecido durante a realização deste artigo. Principalmente quanto à definição do tema, pela paciência ao tirar minhas dúvidas e pelo incentivo para concluir a pesquisa.

Ao professor Marcelo Driemeyer Wilbert pela atenção ao me indicar o orientador, pelo incentivo para que eu me formasse neste semestre e por me manter informado a respeito das minhas condições como estudante e a respeito das técnicas de apresentação desta pesquisa.

À minha esposa, Rossana Leeig Faria Castro, pela paciência e apoio, além do incentivo a continuar com determinação e coragem.

E a Deus por abençoar o esforço empreendido.

“Nunca se sabe que resultado virá da sua ação.
Mas se você não fizer nada, não existirão
resultados” (Mahatma Gandhi).

LEI DE NEWCOMB-BENFORD APLICADA NA AVALIAÇÃO DA REGULARIDADE DAS COTAÇÕES DIÁRIAS NO PREGÃO DA BOVESPA

Ubiratan de Brito Castro

RESUMO

O mercado de capitais integra o sistema de distribuição de títulos e valores mobiliários, e tem o propósito de proporcionar liquidez aos títulos de emissão das empresas e viabilizar seu processo de capitalização. Trata-se de um setor dinâmico, que atua num ambiente competitivo e altamente sensível a ações de natureza política ou econômica. Considerando ainda o volume de negociações, a elevada geração de dados e também o grau de incertezas a que se encontra exposto, exige um permanente e eficiente controle destinado a detectar e coibir a ocorrência de erros e fraudes, justificando a busca de novas metodologias científicas na área da controladoria. Análises efetuadas com a aplicação da Lei de Newcomb-Benford tem se mostrado fortemente aderente na monitoração das variações em relação às probabilidades de ocorrências e na avaliação da normalidade no comportamento de grandes séries de números. Assim, o presente trabalho, valendo-se de análise de séries diárias dos valores de cotação de fechamento das principais ações negociadas no pregão da BOVESPA, apresenta a Lei de Newcomb-Benford e avalia sua aplicabilidade na detecção de eventuais oscilações ou distorções que possam ser consideradas anormais no mercado de títulos da Bolsa de Valores. A Bolsa de Valores é uma instituição que lida com a poupança popular e, como tal, deve estar protegida contra a investida de especuladores inescrupulosos. Neste sentido, investiga-se se a Lei de Newcomb-Benford pode ser uma ferramenta útil na avaliação inicial da normalidade do curso das operações da bolsa. Neste sentido, é realizada uma análise empírica, de natureza quantitativa, com base em um modelo contábilométrico, para verificar sua aplicabilidade no monitoramento do pregão da Bolsa. É feita aqui uma apresentação da Lei de Newcomb-Benford, a fundamentação teórica do tema abordado e, posteriormente, a metodologia e base de dados utilizados, seguindo com a análise e interpretação dos resultados.

Palavras-Chaves: Mercado de Capitais. Lei de Newcomb-Benford. Pregão da Bovespa.

1. INTRODUÇÃO

Para introduzir o que é e como funciona o Mercado de Valores Mobiliários no Brasil, torna-se indispensável apresentar primeiramente a Comissão de Valores Mobiliários–CVM, autarquia especial, vinculada ao Ministério da Fazenda, com a responsabilidade de disciplinar, fiscalizar e promover o mercado de valores mobiliários. Criada pela Lei 6.385/76, a CVM exerce a atividade de fiscalização e normatização do mercado de valores mobiliários, de modo a assegurar o exercício de práticas equitativa e coibir qualquer tipo de irregularidade.

Ao mesmo tempo, desenvolve estudos e pesquisas de onde obtém elementos necessários à definição de políticas e iniciativas capazes de promover o desenvolvimento do mercado. No exercício de suas atribuições, a Comissão de Valores Mobiliários poderá examinar registros contábeis, livros e documento de pessoas e/ou empresas sujeitas à sua fiscalização, intimá-las a prestar declarações ou esclarecimentos, sob pena de multa; requisitar informações de órgãos públicos, outras autarquias e empresas públicas, determinar às companhias abertas a republicação de demonstrações financeiras e dados diversos; apurar infração mediante inquéritos administrativos e aplicar penalidades.

Em seguida vêm as Bolsas de Valores, que são associações civis, sem fins lucrativos e com funções de interesse público. Atuando como delegadas do poder público, têm ampla autonomia em sua esfera de responsabilidade.

Além de seu papel básico de manter local ou sistema de negociação eletrônico, adequados a realização, entre seus membros, de transações de compra e venda de títulos e valores mobiliários; preservar elevados padrões éticos de negociação; e divulgar as operações executadas com rapidez, amplitudes e detalhes, propiciando liquidez às aplicações de curto e longo prazo, através de mercado contínuo, representado por seus pregões diários. É por meio das bolsas de valores que se pode viabilizar um importante objetivo do capitalismo moderno: o estímulo à poupança do grande público e o investimento em empresas que promovem a abertura de seu capital, ou seja, as Sociedades Anônimas de capital aberto.

As Bolsas de Valores foram instituídas no Brasil no ano de 1890, por definição, e uma instituição civil sem fins lucrativos, gerida por um conselho de administração eleito e supervisionada por órgãos específicos.

Chegaram a existir 9 (nove) bolsas de valores no Brasil, sendo que, até o ano 2000, vários Estados do país (Rio de Janeiro, Bahia, Rio Grande do Sul, Pernambuco, Brasília-Minas Gerais-Espírito Santo etc.) tinham suas respectivas bolsas. Naquele ano, por razões

econômicas, foi acordada a incorporação de todas elas integrando-se ao patrimônio da Bovespa (Bolsa de Valores de São Paulo).

Em 2008, A Bolsa de Mercadoria e Futuro-BM&F uniu-se à BOVESPA formando a BM&FBOVESPA S/A, dando origem a 4ª maior bolsa do mundo e a 2ª das Américas. Com o valor avaliado em cerca de US\$20,340 bilhões. Todavia, embora exista atualmente somente uma Bolsa de Valores no país, neste artigo será utilizado com frequência a expressão “bolsas de valores”, no plural, por ser a forma genérica do tipo de instituição legalmente definida.

Necessário apresentar também, as Sociedades Corretoras, instituições financeiras membros das bolsas de valores, devidamente credenciadas pelo Banco Central do Brasil, pela CVM e pelas próprias bolsas, estão habilitadas a negociar valores mobiliários em pregão. São fiscalizadas pelas bolsas de valores, representando a certeza de uma boa orientação e da melhor execução dos negócios de seus investidores.

Os principais títulos negociados pelas corretoras, na Bolsa de Valores, são as ações e, a aplicação em ações é considerada um investimento de alto risco. Envolve muita incerteza e devido as constantes oscilações de preços, nunca é possível prever o retorno do valor investido. Essas altas e baixas podem acontecer, como exemplo, em decorrência de transformações macroeconômicas no ambiente de atuação das empresas. Esse é o chamado risco de mercado.

O que pode também acontecer é o risco de liquidez. O problema neste caso é de o investidor não conseguir vender facilmente uma ação que tenha adquirido. Assim, o ideal é não investir no mercado de ações recursos que tenham a possibilidade de serem demandados em curto prazo.

O terceiro risco é o decorrente de erros fraudes ou manipulações de preços e é nesse contexto de vulnerabilidade do mercado de títulos que esse artigo tentará demonstrar a aplicabilidade da Lei Newcomb-Benford no monitoramento da normalidade (naturalidade) das oscilações diárias das cotações ocorridas durante o pregão da Bovespa, O método deverá acusar eventuais manipulações, já que não se aplica a números obtidos de forma imposta, ou seja, quando os valores são obtidos de maneira artificial.

A Bovespa opera com um número elevado (dezenas de milhares) de transações diariamente, daí porque trabalhar apenas com os valores das séries de cotações dos fechamentos diários das ações negociadas em seis dias escolhidos aleatoriamente. A importância deste trabalho reside na tentativa de poder demonstrar a possibilidade de monitoramento do mercado de ações no pregão da Bolsa de Valores pela utilização de um método contabilométrico, onde técnicas matemáticas e estatísticas se associam à contabilidade

com o fim de se indicar a possível prática de fraudes ou manipulações de preços durante os pregões.

Dessa forma, a pesquisa está organizada em cinco seções. Além desta introdução, a segunda seção traz a teoria do estudo, na qual são explicitados os principais conceitos explorados na pesquisa; a terceira seção trata da metodologia desenvolvida na análise da base de dados utilizada, apresentando a origem dos dados e delimitando as variáveis estudadas; a quarta, os resultados obtidos com aplicação da metodologia, com análises temporais baseadas nas informações contidas no sítio da Bovespa; e, na quinta e última seção, as considerações finais retomam os principais pontos e achados da pesquisa.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Ações

Títulos de renda varável, emitidos por sociedades anônimas, que representam a menor fração do capital da empresa emitente. Poder ser escriturais ou representadas por cautelas ou certificados. O investidor em ações é um coproprietário da sociedade anônima da qual é acionista, participando dos seus resultados. As ações podem ser convertidas em dinheiro a qualquer tempo, através de negociações em bolsas de valores ou no mercado de balcão.

Tipos de ações:

Podem ser ordinárias e preferenciais.

Ordinárias- proporcionam participação nos resultados da empresa e conferem ao acionista o direito de voto em assembleias gerais;

Preferenciais- garantem ao acionista a prioridade no recebimento de dividendos (geralmente em percentual mais elevado do que o atribuído às ações ordinárias) e no reembolso de capital, no caso de dissolução da sociedade.

2.2 O Pregão

O pregão é a sessão durante a qual se efetuam negócios com papeis registrados em uma bolsa de valores, diretamente na sala de negociação e/ou por intermédio de sistema informatizado. Ele se dividia em Viva Voz e Eletrônico. Atualmente só é realizado no método eletrônico.

No Pregão Eletrônico, a compra e a venda de papéis se dá eletronicamente, por meio de um programa de computador que cruza informações e efetua as transações. Detalhando: a corretora, ao receber uma ordem do investidor, entra no software da Bolsa com uma senha e informa que alguém quer comprar a ação X. O programa faz a busca e verifica se existe alguém oferecendo aquele título, então o sistema coloca as partes em contato.

2.3 A Bovespa

A **Bovespa**- Bolsa de Valores do Estado de São Paulo é uma associação civil sem fins lucrativos, cujos objetivos básicos são, entre outros, manter local ou sistema de negociação eletrônico, adequados à realização, entre seus membros, de transações de compra e venda de títulos e valores mobiliários; preservar elevados padrões éticos de negociação; e divulgar as operações executadas com rapidez, amplitude e detalhes.

A **Bovespa** levanta e analisa comunicados recebidos e notícias publicadas pela imprensa, procurando identificar fatos que possam influenciar de alguma forma as negociações com as ações de determinadas empresas. Caso julgue necessário, pode comandar o sistema para monitorar todas as transações efetuadas com papéis dessas empresas.

A razão principal da existência da Bolsa de Valores de São Paulo -**Bovespa**, assim como de todas as demais bolsas de valores organizadas, pode ser expressa em sua essência pelo termo liquidez.

Financeiramente, um título mobiliário tem liquidez quando pode ser comprado ou vendido, em questão de minutos, a um preço justo de mercado, determinado pelo exercício natural da lei de oferta e demanda.

Para tanto, a **Bovespa** oferece os mais variados mecanismos de negociação de títulos e valores mobiliários de empresas criteriosamente selecionadas, um sofisticado sistema de teleprocessamento para difusão de informações, exercendo, em defesa do interesse público, um rigoroso acompanhamento de todos os aspectos envolvidos nas transações.

2.4 Monitoramento “on-line” durante o pregão

O sistema de negociação é dotado de parâmetros de negociabilidade - quantidade transacionada e oscilação de cotação - rejeitando automaticamente o registro de operações que os ultrapassem.

Ressalte-se que esses parâmetros são determinados pela Comissão de Valores Mobiliários e pela **Bovespa** e podem ser alterados sempre que for necessário.

No estabelecimento do parâmetro de quantidade transacionada, dois pontos são levados em consideração: o número total de ações componentes do capital social da empresa e a média diária de negociação com o papel em todo o mercado.

Com relação ao parâmetro de oscilação de cotação, esse é infringido sempre que o preço do negócio se situar acima ou abaixo de determinado patamar, estabelecido em termos percentuais, tomando-se por base a cotação do último negócio registrado. As operações que superarem um desses parâmetros são avaliadas pela Bovespa, que as enquadra em

procedimento especial apropriado, comunicando-o às sociedades corretoras intervenientes, de forma a manter o funcionamento regular e ordenado do mercado.

Os procedimentos especiais adotados consistem na realização de leilões que, dependendo do grau de superação do parâmetro, poder ser imediatos, realizados após 25 minutos, após 1 hora, ou, até mesmo, somente após decorridas 24 ou 48 horas após a ocorrência da superação dos parâmetros mencionados.

Independentemente da sistemática adotada, nos casos de superação significativa a **Bovespa** solicita, da empresa emissora dos títulos, esclarecimentos sobre a existência de algum fato que não tenha sido divulgado ao mercado e que possa justificar a situação atípica de negociação observada.

2.5 Acompanhamento “off-line” - após encerramento do pregão e especificação dos comitentes

As ações apresentaram situações atípicas de negociação, aquelas que estavam sendo monitoradas em função de fatos ou transações fora de padrão ocorridas em pregões anteriores e, ainda, aquelas que são objeto de solicitação de acompanhamentos específicos por parte de órgão regulador são analisadas após o encerramento do pregão, com o objetivo de identificar os comitentes envolvidos.

Nessa análise, verifica-se se eles são pessoas ligadas à empresa objeto da operação ou a empresas a ela coligadas, se há caracterização de um grupo de comitentes agindo em conjunto e se são profissionais do mercado.

Procura-se identificar situações que caracterizem a tentativa de manipulação de mercado, através de condições artificiais de demanda, oferta e preço, bem como indícios de utilização de informações privilegiadas.

Todas essas análises são efetuadas com o máximo rigor e resultam em relatórios que são encaminhados à CVM.

As ações que estão sendo monitoradas recebem um tratamento diferenciado, pois são verificadas as operações de vários pregões consecutivos, cujos comitentes também são identificados. Em qualquer situação, caso alguma irregularidade seja constatada, as operações são canceladas e a CVM é notificada.

2.6 Histórico de Manipulação de Mercado – BVRJ

Uma das hipóteses para a quebra da Bolsa de Valores do Rio de Janeiro apontava para a manipulação do mercado de ações por determinado investidor que, valendo-se de uma estratégia arrojada, contratavam-se empréstimos em instituições financeiras e utilizavam na compra de ações na bolsa de valores, e, manipulando a valorização dos ativos pela realização de negócios consigo mesmo, por intermédio de corretores ou outras interpostas pessoas, inflava as cotações dos títulos. Ante as grandes valorizações duvidosas das ações, os bancos pararam de lhe emprestar, causando quebra em cascata na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro.

Assim, por falta de uma adequação aos riscos do negócio, a Bolsa de Valores do Rio de Janeiro - BVRJ acabou entrando em colapso em junho de 1989, não voltando mais a se recuperar. Em 2002 suas cotas patrimoniais foram adquiridas e incorporada ao patrimônio da BM&F (Bolsa de Mercadorias e Futuros).

2.7 Sobre a Lei de Newcomb-Benford - LNB

A Lei de Newcomb-Benford, doravante expressa nesse trabalho somente como LNB, teve sua origem nas observações de dois pesquisadores que empiricamente verificaram uma anomalia na probabilidade de ocorrência dos primeiros dígitos em números representativos de fenômenos naturais. Simon Newcomb (1835-1909), astrônomo, matemático e escritor, verificou nas bibliotecas, que as primeiras páginas das tábuas de logaritmos que começavam com o dígito 1 (um), se encontravam mais gastas que as demais, indicando que as pessoas buscavam mais valores de logaritmos iniciados por 1 que daqueles que começavam com 9. Concluiu que os dígitos não ocorriam com a mesma frequência e que existia uma anomalia na probabilidade de ocorrência desses números.

De forma semelhante, o engenheiro eletricitista e físico Frank Benford (1887-1948) também observou tal fenômeno, com base em uma pesquisa com mais de 20 mil números de diversas naturezas, e construiu uma tabela estatística com a frequência de ocorrência para os dígitos de 1 a 9 nas primeiras posições dos números, confirmando uma não uniformidade na sua distribuição de frequência.

Embora o primeiro algarismo de uma amostra de números aleatórios de uma fonte de dados possa ser qualquer algarismo entre 1 e 9, a probabilidade de ocorrência de cada um desses algarismos não é $1/9$. Este fenômeno é confirmado pela Lei Newcomb-Benford, que aponta para uma anomalia na probabilidade, mostrando que os dígitos 1, 2 e 3 são mais comuns que os demais (4, 5, 6, 7, 8 e 9) como primeiro dígito de uma distribuição aleatória de números, como no caso de estatística de população, taxa de mortalidade, dados de custos etc.

Forster(2006) esclarece que apesar da constatação de que a LNB seja aplicável a diversos fenômenos, incluindo eventos financeiros, é importante destacar algumas limitações desta técnica, havendo situações onde não é possível aplicar a LNB. Rocha(2005) destaca que o perfil de ocorrência de dígitos não funciona para dados como números gerados aleatoriamente, como é o caso dos números da loteria, os lançamentos de um dado ou os de uma listagem de números aleatórios.

Ainda segundo Forster (2006) outro típico conjunto de dados que não deve obedecer a LNB são os números inventados por seres humanos, que provavelmente tenderão a ser próximos do aleatório (Rocha, 2005). Entretanto, afirma que isto não é uma desvantagem, sendo uma maneira de se saber se um balanço foi fraudado por humanos, por exemplo. De igual modo, a LNB não funciona com números arredondados, mas também poderá denunciar o arredondamento.

A LNB também não funciona com pequenas quantidades numéricas e com datas (Rocha. 2005). Quanto maior a quantidade, mais a tendência da distribuição se adequar a LNB.

Segundo Varian (1972), estando uma base de dados em desconformidade com a LNB, isso não implica necessariamente que os dados sejam totalmente inidôneos, mas que uma não conformidade deve levantar suspeitas. Cleary e Thibodeau (2005) apontam ainda que o teste dígito-por-dígito pode apontar desvios que não representam nem fraude ou qualquer tipo de má gestão pela unidade geradora dos dados, sendo útil apenas se o teste geral apontar algum desvio.

A frequência proporcional ou a probabilidade esperada de que o algarismo **d** apareça como primeiro dígito em uma amostra de valores, pode ser calculada pela aplicação da seguinte equação:

$$P(d) = \log_{10} \left(1 + \frac{1}{d} \right), \quad (1)$$

Onde **d** é o primeiro dígito, número inteiro do intervalo [1,9]

A tabela a seguir fornece a frequência de cada número inteiro [1,9] ser o primeiro dígito significativo obtidos a partir da aplicação da equação (1):

Tabela de frequência da Lei Newcomb-Benford

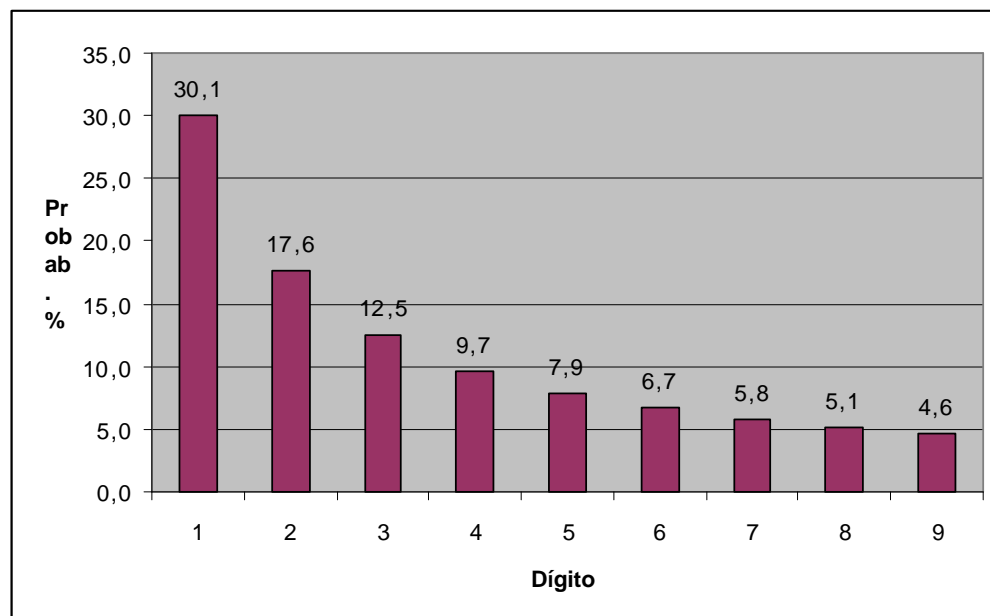
Digito	Probabilidade esperada
1	0,30103
2	0,17609
3	0,12494
4	0,09691
5	0,07918

6	0,06695
7	0,05799
8	0,05115
9	0,04576

Fonte: elaboração própria

Apresentada graficamente, a frequência ou probabilidade esperada de ocorrer um número iniciado pelo dígito **1** é **30,103%**, enquanto que a iniciada pelo dígito **5** é de **7,918%**.

Gráfico da distribuição de frequências da Lei de Newcomb-Benford



Fonte: FRANCISCHETTI (2007, p.27)

Ao se comparar a frequência observada com a frequência esperada pela LNB para uma amostra de dados qualquer, tem-se um indicador da diferença obtida.

A Lei de Newcomb-Benford foi descoberta originalmente no final do século XIX, porém, segundo Ribeiro et al. (2005), o número de trabalhos publicados sobre esta lei cresceu a partir da década de 1940. Entre as décadas de 60 e 90 os números de trabalhos publicados continuaram a subir conforme Nigrini (2000). Todavia, vale ressaltar que o trabalho empírico mais completo existente sobre o assunto até este período foi ainda o de Benford, que produziu a maior tabela de frequência de dígitos disponíveis para investigação até os anos noventa.

Carslaw (1988) apresentou o primeiro trabalho sobre a aplicação da Lei de Newcomb-Benford na Contabilidade, que foi publicado na década de 80, onde levantou a hipótese de que

a frequência de ocorrência para os segundos dígitos contido nos lucros de empresas da Nova Zelândia se afastava significativamente das expectativas (frequência esperada). Por exemplo, há uma frequência observada muito maior de zeros do que uma frequência esperada de noves como o segundo dígito nos lucros relatados. Ainda na década de 80, o pesquisador Theodore P. Hill mostrou evidência experimental, pois quando são solicitados às pessoas que inventem “números fortuitos”, estes números nunca estão em consonância com a distribuição de Newcomb-Benford, embora eles compartilhem algumas propriedades desta Lei.

Ainda conforme Ribeiro et al. (2005) a década de Noventa foi o período de consolidação da aplicação da Lei de Newcomb-Benford na contabilidade, onde foram vistos avanços recentes na teoria, junto com pesquisa extensa sobre como usar a lei no contexto da auditoria. Christian e Gupta (1993), por exemplo, analisaram dados de contribuintes para achar indícios de evasão secundária, onde se reduz a renda tributável a um valor inferior ao exercido pela tabela da receita federal, utilizada nos E.U.A para declaração de impostos de rendas de contribuintes com renda inferior a \$ 100.000,00. O pesquisador Mark J. Nigrini em 1994 foi responsável pelo primeiro trabalho a utilizar a Lei de Newcomb-Benford para descobrir fraudes. Usando os números de um caso de fraudes de folha de pagamentos, o autor comparou as frequências dos dois primeiros dígitos dos cheques fraudulentos com a correspondente distribuição segundo a Lei de Newcomb-Benford como padrão.

2.8 Lei de Newcomb-Benford, Pesquisas e Aplicações.

Alguns estudos aplicam, considerando o campo da Contabilometria, a Lei de Newcomb-Benford, com vistas ao aperfeiçoamento do processo de produção de informações no campo de auditoria contábil, verificação de despesas no setor público, entre outras áreas. Esta seção irá mostrar uma breve revisão de trabalhos aplicados sobre a lei.

O trabalho de Santos et al. (2003), analisa uma população de aproximadamente 8 mil notas fiscais de venda emitidas no período de 1998 a 2001, de uma empresa, que tenham sido objeto de verificação pelos postos fiscais de controle da Secretaria da Fazenda de Pernambuco, visando identificar possíveis subfaturamentos dos valores de venda. A análise da empresa fundamenta-se na comparação entre as distribuições observadas e as esperadas segundo a Lei de Newcomb-Benford, dos primeiros dígitos das notas fiscais e verificação da significância das diferenças. O modelo expressa que no período analisado, os anos de 2000 e 2001 apresentam divergências do esperado, sugerindo ao auditor examinar o motivo dos desvios em relação a lei. Em síntese, para os autores, a Lei de Newcomb-Benford é uma

ferramenta importante para auxiliar na detecção de erros contábeis, erros de digitação ou fraudes contábeis no contexto de uma auditoria contábil tradicional ou da auditoria digital.

Ribeiro et al. (2005), tem como objetivo analisar 104.104 notas de empenho, do ano de 2002, de 20 Municípios do Estado da Paraíba, que estão localizados nas regiões do litoral e do sertão. Para tanto, considera os valores das notas de empenho, abstraindo-se o primeiro dígito do valor da despesa correspondente aquele empenho, agrupando-os a um mesmo nível de dígitos, para posterior aplicação da Lei de Newcomb-Benford. Os autores, além de utilizarem a lei como uma distribuição de medidas para detectar desvios de padrões (erros ou fraudes), também aplicam os testes de hipóteses que permitem analisar o grau de significância das divergências entre os dados esperados e os observados. Em ambas as regiões analisadas, os resultados mostram um forte indício de existência de manipulação ou fraude. A análise quantitativa, pelo modelo desenvolvido pelos autores, indica algumas considerações importantes em relação aos dígitos 9 e 8. O primeiro revela uma tendência de superfaturamento nas despesas realizadas pelos gestores dos municípios, enquanto o segundo desvenda que há uma forte tendência de o administrador público fracionar as despesas que se situam acima de R\$ 8.000,00, limite estabelecido pela Lei Federal nº 8.666/93, onde disciplina as aquisições mediante licitação (BRASIL, 1993). Dentre os 20 municípios analisados, apenas em três os valores dos empenhos se comportaram conforme a Lei de Newcomb-Benford, para um nível de significância de 10%, sendo que um deles estava sob intervenção judicial durante o exercício financeiro de 2002, inibindo assim, talvez, qualquer conduta ilegal. Outro município tem uma administração exemplar, conforme divulgado pela imprensa regional, com orçamento participativo e conselho de contas constituído por vários segmentos da sociedade local. E um terceiro município que foi recém-emancipado e ainda não teve as contas rejeitadas. Para os autores o trabalho apresenta que a Lei de Newcomb-Benford pode ser uma ferramenta a auxiliar na proteção da sociedade contra fraudes e detecção de irregularidades com o dinheiro público.

A possibilidade de aplicação da Lei de Newcomb-Benford no controle das demonstrações financeiras das organizações é verificada por Francischetti (2007). Para tanto se considera os saldos das contas contábeis do balanço patrimonial de uma empresa de máquinas e equipamentos de uma cidade no interior paulista, do período entre o primeiro trimestre de 2004 até o primeiro trimestre de 2007, totalizando treze exercícios trimestrais. O autor abstrai os primeiros dígitos dos valores dos saldos das contas patrimoniais e os agrupa a um mesmo nível de dígitos, para posterior aplicação da análise gráfica e do modelo contabilométrico. Como resultado, é verificado que as análises dos saldos dos balanços

patrimoniais, no período considerado, se ajustam a Lei de Newcomb-Benford. Para o autor, é compatível e viável a aplicação da lei no controle das demonstrações financeiras das organizações, pois estará contribuindo com os gestores informações importantes de que seus resultados econômicos e financeiros estão dentro do que foi pré-estabelecido e das normas legais vigentes.

Santos et al. (2009) tem o objetivo de verificar se o modelo contabilométrico baseado na Lei de Newcomb-Benford é aplicável ao trabalho de auditoria tributária do Imposto sobre Serviço de Qualquer Natureza (ISS/ISQN). O estudo é baseado nos dados de notas fiscais de uma empresa de publicidade, numa cidade do Nordeste, emitidas entre os anos de 2002 e 2005. Com a participação de fiscais com experiência de fiscalização do ISS, realizou-se a confrontação do resultado do modelo contabilométrico com o obtido pela auditoria contábil-fiscal, ou seja, se existiam indicações de desvio de padrão (fraudes, erros contábeis ou de lançamentos). Como resultado é constatado variação significativa entre os desvios para as notas fiscais emitidas cujos valores se iniciam com os dígitos 2, 7 e 8, o que devem ser investigadas com maior profundidade, podendo supor que sejam dígitos manipulados ou omissão de registros. É também evidenciada a aplicabilidade do modelo para o processo de auditoria tributária do ISS, pois esse sinalizou os possíveis desvios com a emissão e escrituração das notas fiscais, os quais foram confirmados com os resultados da fiscalização. Por se tratar da aplicação de uma metodologia inédita no processo de auditoria do ISS, para os autores, este trabalho acaba contribuindo com o planejamento e padronização dos processos de fiscalização.

Costa et al. (2011), aprofunda ainda mais no estudo da aplicação da Lei de Newcomb-Benford. Ao analisar 134.281 notas de empenhos emitidas por 20 Unidades Gestoras de dois Estados Brasileiros, o objetivo é detectar a ocorrência de desvios significativos na distribuição do primeiro e segundo dígitos dos gastos públicos, sendo que a análise do segundo dígito é um estudo inédito para o caso brasileiro. Os dados foram obtidos junto aos portais dos Estados analisados disponibilizados na Internet com empenhos para o exercício de 2009 com valor igual ou superior a R\$ 1,00, que posteriormente foram extraídos o primeiro e segundo dígitos de cada empenho agrupando-os a um mesmo nível de observação. É aplicado na análise dos dados o modelo contabilométrico, o qual se utiliza de testes de hipóteses para avaliar a variação observada para o primeiro e segundo dígitos. O estudo encontra a ocorrência de desvios significativos, sendo que as notas de empenhos iniciadas por 7 e 8, houve excesso, e 9 e 6, com escassez de ocorrências, sugerindo um comportamento de fuga à realização dos processos licitatórios nos gastos públicos. Para os autores, a utilização do

modelo constitui-se em efetivo subsídio às equipes de auditoria, sobretudo na elaboração do seu planejamento e determinação da amostra auditada.

As pesquisas apresentadas com aplicação da Lei de Newcomb-Benford estão em consonância com o objetivo desta pesquisa, que é verificar a aplicabilidade da lei no controle de fraude ou manipulação de dados ou operações em um mercado extremamente dinâmico e competitivo e que lida diariamente com uma quantidade enorme de informações, como forma de fazer uma avaliação inicial da confiabilidade dos controles convencionais já existentes, fundamentando na relação entre a lei e os testes de hipóteses com vistas ao aperfeiçoamento do processo de produção de informações.

3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

Uma das técnicas de aplicação da Lei de Newcomb-Benford é a comparação entre a frequência observada (p_o) e a probabilidade esperada (p_e) de ocorrência de um algarismo como primeiro dígito em uma amostra de valores, ou seja, $p_o - p_e$. Para tanto, pode-se utilizar um teste Z, que capta a significância estatística desta diferença, trabalhando com a hipótese nula de que não existe diferença entre as frequências observadas e esperadas. Ou seja:

H0: $p_o = p_e$, não existe diferença estatisticamente significativa entre as diferenças nas distribuições de probabilidades observadas e esperadas;

H1: $p_o \neq p_e$, existe diferença estatisticamente significativa entre as diferenças nas distribuições de probabilidades observadas e esperadas.

O teste Z proposto para esta situação pode ser calculado pela seguinte equação:

$$Z = \frac{|p_o - p_e| - \frac{1}{2n}}{\sqrt{\frac{p_e(1 - p_e)}{n}}} \quad (2)$$

Onde n é o número de observações $\frac{1}{2n}$ é o termo de correção de continuidade, somente usado quando ele é menor que $|p_o - p_e|$.

A um nível de significância de 0,05 e conforme tabela da distribuição normal padrão, o Z_c (Z crítico) é igual a 1,96. Quando o módulo Z for superior ao Z_c de 1,96, aceita-se a hipótese H1.

Adicionalmente, para estudar se as duas distribuições de probabilidade na sua totalidade estão em conformidade uma com a outra, ou se a distribuição de probabilidade observada é “igual” a distribuição esperada, segundo a Lei de Newcomb-Benford, pode ser utilizado um teste X^2 (Qui-Quadrado-Teste), como afirmam Ribeiro et al. (2005):

$$X^2 = \sum_{d=1}^9 \frac{(PO - PE)^2}{PE} \quad (3)$$

Onde PO e PE são as proporções observadas e esperadas definidas por:

$$PO = (po \times n); \quad PE = (pe \times n).$$

Também considerando um nível de significância de 0,05 o valor crítico de X^2 é de 15,507, com um grau de liberdade 8 (ou seja, $n-1$).

Neste trabalho, foram coletadas as sequências numéricas dos valores de fechamento das ações negociadas no pregão dos dias 08 de maio e de 11 a 15 de maio, tornados públicos no sítio da BOVESPA a partir daquelas respectivas datas.

Obtenção de dados:

Os dados para esta pesquisa foram obtidos no sítio da BM&F BOVESPA, no endereço eletrônico: <http://www.bmfbovespa.com.br/fechamento-pregao/BuscarUltimosPregoes.aspx?Tipo=MercadoVistaDetalhe&Data=0515&Nivel=4&Ancora=A0&Idioma=pt-br>.

Referidos dados foram coletados nos relatórios das cotações diárias nos boletins eletrônicos de fechamento de cada dia útil no período de 08/maio a 15/maio/2015, acessando-se, no sítio da BM&V Bovespa, a opção **Mercados>Ações>Cotações> Cotações anteriores**.

Para cada um dos dias supramencionados, foi acessada a opção **“mercado a vista”** em consulta de tela, e, em seguida, **“lote padrão”**. Salvou-se os demonstrativos assim acessados em arquivos PDF, que compõem o **anexo I** desta pesquisa. Foram utilizados os dados constantes da coluna H dos demonstrativos – **“Cotações de fechamento”**

Para cada analisado, registrou-se a **“quantidade de negócios”** e o **“volume negociado”** em R\$, e a quantidade de empresas listadas que tiveram suas **ações negociadas** conforme dados expostos na tabela a seguir:

Dias analisados	Quantidade de negócios	Volume negociado (Reais)	Ações negociadas
08/maio (sexta-feira)	889.317	7.106.617.686,54	307
11/maio (segunda-feira)	837431	6.626.974.977,03	324
12/maio (terça-feira)	961.699	6.472.278.257,37	316

13/maio (quarta-feira)	1.017.468	6.590.234.527,96	329
14/maio (quinta-feira)	959.263	6.508.745.833,07	321
15/maio (sexta-feira)	917.285	6.333.317.294,36	326
Total no período	5.582.463	39.638.168.583,26	

Elaboração do autor

É verificado se a distribuição de frequência dos primeiros dígitos dos valores da sequência de cotações segue a frequência de distribuição da Lei de Newcomb-Benford. Para tal, é efetuada a somatória da quantidade de vezes que cada dígito é encontrado e agrupados os resultados, formando as frequências observadas (po) de cada dígito. A seguir são tabulados os resultados apresentados pela Lei de Newcomb-Benford e formulado as frequências esperadas (pe) de acordo com a lei. Estes dados são então confrontados com os testes Z e X2 anteriormente apresentados em série sob análise, como mostra a próxima secção.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados da comparação da frequência dos dígitos observados nos dados das cotações diárias do pregão da Bovespa com a probabilidade esperada pela Lei de Newcomb-Benford, durante o período entre os dias 08 a 15 de maio de 2015. Para obter as informações necessárias aos testes de hipóteses, as Tabelas de números 1 e 6 mostram os cálculos para cada dia útil no período entre 08 e 15 de maio.

Considerando a planilha com os dados do dia 8 de maio de 2015, a Tabela 1 demonstra as quantidades dos primeiros dígitos observados, abstraídos do sequenciamento do pregão, e as quantidades esperadas, conforme a lei. Por exemplo, do total de 307 valores do dia 08 de maio, foram observadas 95 cotações iniciadas com o dígito 1, enquanto o esperado, de acordo com a lei, deveriam ser 92 observações. Da mesma forma, o dígito 6 foi observado em 9 valores enquanto se esperavam 21. O Gráfico 1 apresenta a distribuição das frequências observadas e esperadas dos primeiros dígitos das cotações do dia 8/maio.

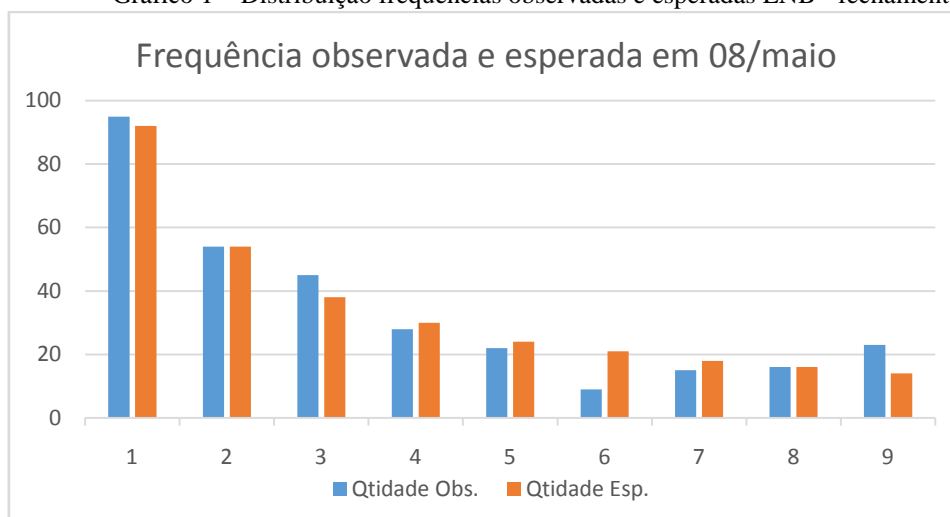
Tabela 1 - Frequência de ocorrências dos algarismos observadas e esperadas segundo a LNB nas primeiras posições de cada número, na sequência da cotação de fechamento da Bovespa de 08/maio/2015 – Sexta-feira.

Dígito	Qtidade Obs.	Qtidade Esp.	Prob. Obs.(po)	Prob. Lei (pe)
1	95	92	0,30945	0,3010
2	54	54	0,17590	0,1761
3	45	38	0,14658	0,1249
4	28	30	0,09121	0,0969
5	22	24	0,07166	0,0792
6	9	21	0,02932	0,0669
7	15	18	0,04886	0,0580

8	16	16	0,05212	0,0512
9	23	14	0,07492	0,0458
Total	307	307	1	1

Fonte: Elaboração própria

Gráfico 1 – Distribuição frequências observadas e esperadas LNB - fechamento de 08/maio



Fonte: elaboração própria

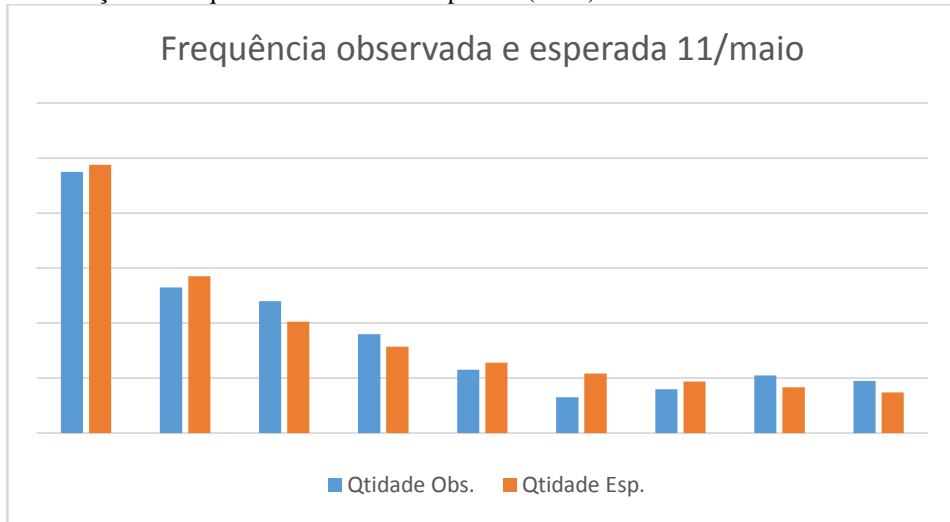
Foram repetidos os procedimentos para cada um dos dias da semana que se seguiram, quais sejam, de 11 de maio a 15 de maio de 2015, conforme dados mostrados nas tabelas e gráficos a seguir.

Tabela 2 – 11 de maio

Dígito	Qtidade Obs.	Qtidade Esp.	Prob. Obs.(po)	Prob. Lei (pe)
1	95	98	0,29321	0,3010
2	53	57	0,16358	0,1761
3	48	40	0,14815	0,1249
4	36	31	0,11111	0,0969
5	23	26	0,07099	0,0792
6	13	22	0,04012	0,0669
7	16	19	0,04938	0,0580
8	21	17	0,06481	0,0512
9	19	15	0,05864	0,0458
Total	324	324	1,00000	1,0000

Fonte: elaboração própria

Gráfico 2 – Distribuição de frequência observada e esperada (LNB) - dia 11/maio



Fonte: Elaboração própria

Tabela 3– 12 de maio

Dígito	Qtidade Obs.	Qtidade Esp.	Prob. Obs.(po)	Prob. Lei (pe)
1	89	95	0,28165	0,3010
2	53	56	0,16772	0,1761
3	47	39	0,14873	0,1249
4	41	31	0,12975	0,0969
5	23	25	0,07278	0,0792
6	8	21	0,02532	0,0669
7	20	18	0,06329	0,0580
8	18	16	0,05696	0,0512
9	17	14	0,05380	0,0458
Total	316	316	1,00000	1,0000

Fonte: Elaboração própria

Gráfico 3 – Distribuição de frequências observada e esperada LNB – 12/maio



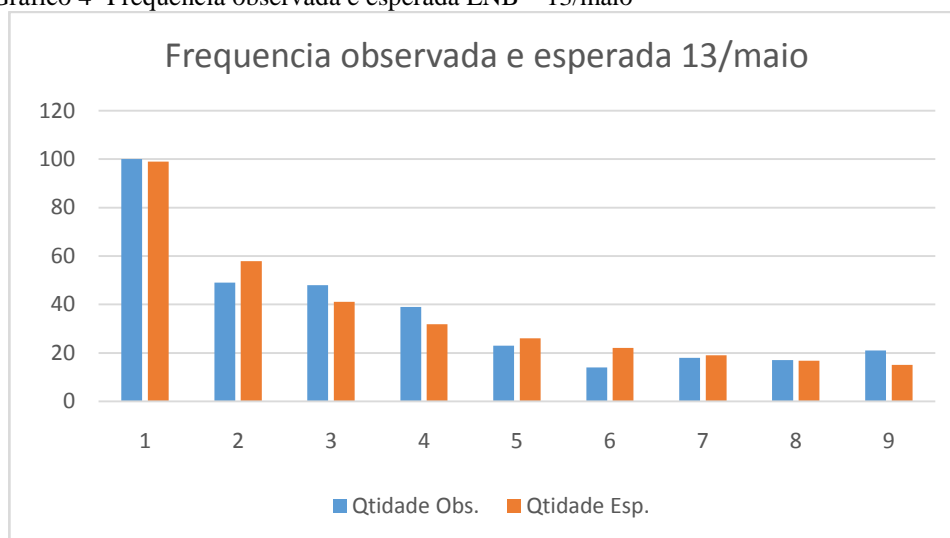
Fonte: elaboração própria

Tabela 4 – 13 de maio

Dígito	Qtidade Obs.	Qtidade Esp.	Prob. Obs.(po)	Prob. Lei (pe)
1	100	99	0,30395	0,3010
2	49	58	0,14894	0,1761
3	48	41	0,14590	0,1249
4	39	32	0,11854	0,0969
5	23	26	0,06991	0,0792
6	14	22	0,04255	0,0669
7	18	19	0,05471	0,0580
8	17	17	0,05167	0,0512
9	21	15	0,06383	0,0458
Total	329	329	1,00000	1,0000

Fonte: elaboração própria

Gráfico 4 -Frequência observada e esperada LNB – 13/maio



Fonte: elaboração própria

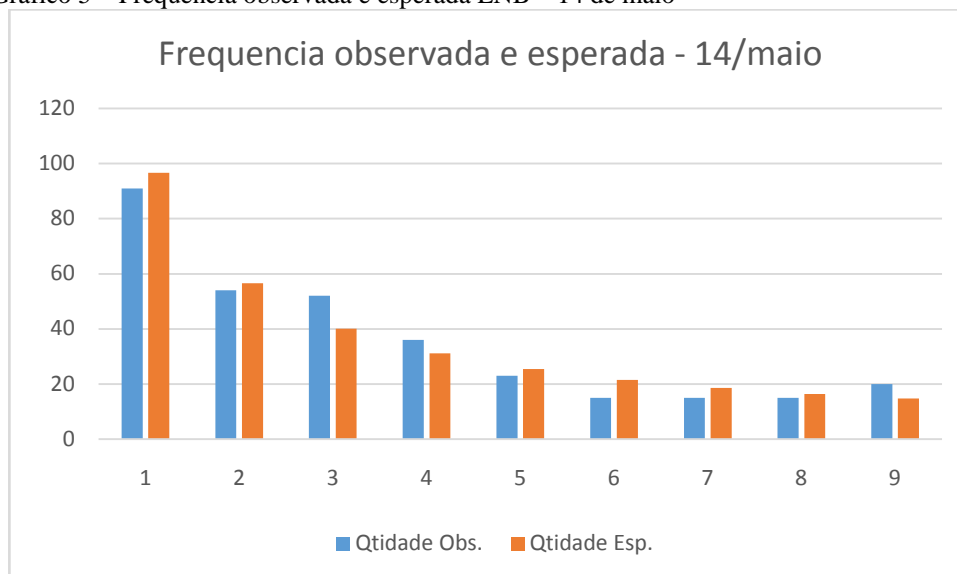
Tabela 5 – 14 de maio

Dígito	Qtidade Obs.	Qtidade Esp.	Prob. Obs.(po)	Prob. Lei (pe)
1	91	97	0,28349	0,3010
2	54	57	0,16822	0,1761
3	52	40	0,16199	0,1249
4	36	31	0,11215	0,0969
5	23	25	0,07165	0,0792
6	15	21	0,04673	0,0669
7	15	19	0,04673	0,0580
8	15	16	0,04673	0,0512
9	20	15	0,06231	0,0458

Total	321	321	1,00000	1,0000
--------------	-----	-----	---------	---------------

Fonte: elaboração própria

Gráfico 5 – Frequência observada e esperada LNB – 14 de maio



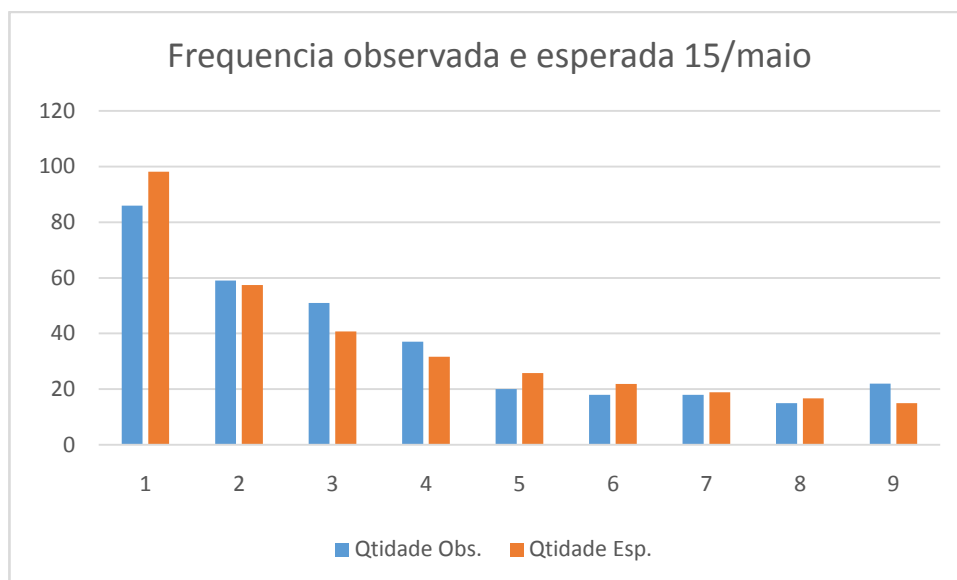
Fonte: elaboração própria

Tabela 6 – 15 de maio

Dígito	Qtidade Obs.	Qtidade Esp.	Prob. Obs.(po)	Prob. Lei (pe)
1	86	98	0,26380	0,3010
2	59	57	0,18098	0,1761
3	51	41	0,15644	0,1249
4	37	32	0,11350	0,0969
5	20	26	0,06135	0,0792
6	18	22	0,05521	0,0669
7	18	19	0,05521	0,0580
8	15	17	0,04601	0,0512
9	22	15	0,06748	0,0458
Total	326	326	1,00000	1,0000

Fonte: elaboração própria

Gráfico 6 – Frequência observada e esperada 15/maio



Fonte: elaboração própria

O próximo passo foi determinar o módulo do desvio (ou diferença) entre as probabilidades observadas e a esperadas, e o termo de correção para cada um dos dígitos analisados, para calcular o teste Z, conforme mostra a Tabela 7. Por exemplo, o módulo do desvio na segunda coluna do dígito 6 é **0,03758**, valor este utilizado para cálculo do teste Z que, neste caso, é igual a 2,6175, como mostra a sétima coluna. Valores superiores ao Z crítico de 1,96 apontam para a evidência de necessidade de análise em busca de possível interferência humana nos dados sob análise.

Por outro lado, para encontrar o teste X², de todos os dias da pesquisa, foi necessário determinar as proporções observadas e as esperadas, que nada mais são que o produto entre as respectivas probabilidades pelo número total de observações, e a diferença dessas proporções, conforme mostra a oitava coluna das tabelas de números 7 a 12. Exemplificando, o dia 08 de maio/2015 tem um teste X² igual a **14,8302**, última linha da oitava coluna da tabela 7, que está abaixo do valor crítico 15,507.

Seguindo esta mesma estrutura, as probabilidades observadas e estimadas, além das respectivas estatísticas de testes, foram calculadas para os demais dias da amostra, com seus resultados sintetizados nas Tabelas 7 a 12, que exibem os valores Z e X² calculados respectivamente. Por exemplo, na Tabela 7, pode ser notado que o teste Z para o dígito 7 no dia 8/5 é **0,500**. E na Tabela 8, apresenta que o X² no dia 11/5 é 8,93.

Tabela 7 - Cálculo do Z Teste e X² Teste para a sequência de cotações do dia 08/maio - Z Teste crítico 1,96 e X² crítico 15,507

Dígito	Desvio po - pe	Termo Correção	PO (poXn)	PE (peXn)	PO - PE	Z Teste	X ² Teste
1	0,00845	0,0016	95	92	3	0,2604	0,0978

2	0,00020	0,0000	54	54	0	0,0094	0,0000
3	0,02168	0,0016	45	38	7	1,0627	1,2895
4	0,00569	0,0016	28	30	-2	0,2408	0,1333
5	0,00754	0,0016	22	24	-2	0,3835	0,1667
6	0,03758	0,0016	9	21	-12	2,5215	6,8571
7	0,00914	0,0016	15	18	-3	0,5631	0,5000
8	0,00092	0,0000	16	16	0	0,0729	0,0000
9	0,02912	0,0016	23	14	9	2,3040	5,7857
Total			307	307			14,8302

Fonte: elaboração própria

Tabela 8 - Cálculo do Z Teste e X² Teste para a sequência de cotações do dia 11/maio - Z Teste crítico 1,96 e X² crítico 15,507

Dígito	Desvio po - pe	Termo Correção	PO (poXn)	PE (peXn)	PO - PE	Z Teste	X ² Teste
1	0,00779	0,00154	95	98	-3	0,2451	0,0653
2	0,01252	0,00154	53	57	-4	0,5187	0,2884
3	0,02325	0,00154	48	40	8	1,1817	1,4020
4	0,01421	0,00154	36	31	5	0,7708	0,6753
5	0,00821	0,00154	23	26	-3	0,4445	0,2759
6	0,02678	0,00154	13	22	-9	1,8179	3,4724
7	0,00862	0,00154	16	19	-3	0,5448	0,4148
8	0,01361	0,00154	21	17	4	0,9859	1,1730
9	0,01284	0,00154	19	15	4	0,9729	1,1667
Total			324	324			8,9338

Fonte: elaboração própria

Tabela 9 - Cálculo do Z Teste e X² Teste para a sequência de cotações do dia 12/maio - Z Teste crítico 1,96 e X² crítico 15,507

Dígito	Desvio po - pe	Termo Correção	PO (poXn)	PE (peXn)	PO - PE	Z Teste	X ² Teste
1	0,01935	0,00158	89	95	-6	0,6888	0,3933
2	0,00838	0,00158	53	56	-3	0,3172	0,1260
3	0,02383	0,00158	47	39	8	1,1965	1,4372
4	0,03285	0,00158	41	31	10	1,8787	3,5184
5	0,00642	0,00158	23	25	-2	0,3181	0,1642
6	0,04158	0,00158	8	21	-13	2,8460	8,1678
7	0,00529	0,00158	20	18	2	0,2821	0,1525
8	0,00576	0,00158	18	16	2	0,3371	0,2049
9	0,00800	0,00158	17	14	3	0,5455	0,4413
Total			316	316			14,6056

Fonte: elaboração Própria

Tabela 10 - Cálculo do Z Teste e X² Teste para a sequência de cotações do dia 13/maio - Z Teste crítico 1,96 e X² crítico 15,507

Dígito	Desvio po - pe	Termo Correção	PO (poXn)	PE (peXn)	PO - PE	Z Teste	X ² Teste
1	0,00295	0,001520	100	99	1	0,0566	0,0095
2	0,02716	0,001520	49	58	-9	1,2211	1,3785
3	0,02100	0,001520	48	41	7	1,0686	1,1613
4	0,02164	0,001520	39	32	7	1,2337	1,5901
5	0,00929	0,001520	23	26	-3	0,5220	0,3586
6	0,02435	0,001520	14	22	-8	1,6572	2,9151
7	0,00329	0,001520	18	19	-1	0,1373	0,0614
8	0,00047	0,001520	17	17	0	0,0388	0,0014
9	0,01803	0,001520	21	15	6	1,4325	2,3351
Total			329	329			9,8111

Fonte: elaboração própria

Tabela 11 - Cálculo do Z Teste e X² Teste para a sequência de cotações do dia 14/maio - Z Teste crítico 1,96 e X² crítico 15,507

Dígito	Desvio po - pe	Termo Correção	PO (poXn)	PE (peXn)	PO - PE	Z Teste	X ² Teste
1	0,01751	0,00156	91	97	-6	0,6231	0,3270
2	0,00788	0,00156	54	57	-3	0,2972	0,1131
3	0,03709	0,00156	52	40	12	1,9258	3,5363
4	0,01525	0,00156	36	31	5	0,8293	0,7704
5	0,00755	0,00156	23	25	-2	0,3975	0,2310
6	0,02017	0,00156	15	21	-6	1,3348	1,9522
7	0,01127	0,00156	15	19	-4	0,7445	0,7031
8	0,00447	0,00156	15	16	-1	0,2368	0,1253
9	0,01651	0,00156	20	15	5	1,2811	1,9094
Total			321	321			9,6677

Fonte: elaboração própria

Tabela 12 - Cálculo do Z Teste e X² Teste para a sequência de cotações do dia 15/maio - Z Teste crítico 1,96 e X² crítico 15,507

Dígito	Desvio po - pe	Termo Correção	PO (poXn)	PE (peXn)	PO - PE	Z Teste	X ² Teste
1	0,03720	0,00153	86	98	-12	1,4038	1,4985
2	0,00488	0,00153	59	57	2	0,1587	0,0441
3	0,03154	0,00153	51	41	10	1,6388	2,5967
4	0,01660	0,00153	37	32	5	0,9194	0,9267
5	0,01785	0,00153	20	26	-6	1,0909	1,3115
6	0,01169	0,00153	18	22	-4	0,7336	0,6654
7	0,00279	0,00153	18	19	-1	0,0967	0,0436
8	0,00519	0,00153	15	17	-2	0,2993	0,1714
9	0,02168	0,00153	22	15	7	1,7404	3,3470
Total			326	326			10,6049

Fonte: elaboração própria

Nas tabelas 13 e 14 são consolidados os resultados obtidos nos cálculos apresentados anteriormente para todos os dias do período considerado

Tabela 13 - Aplicação da Lei de Newcomb-Benford no período 08 a 15/maio -Z Teste – Z crítico 1,96

Dia Dígito	08	11	12	13	14	15
1	0,2604	0,2451	0,6888	0,0566	0,6231	1,4038
2	0,0094	0,5187	0,3172	1,2211	0,2972	0,1587
3	1,0627	1,1817	1,1965	1,0686	1,9258	1,6388
4	0,2408	0,7708	1,8787	1,2337	0,8293	0,9194
5	0,3835	0,4445	0,3181	0,5220	0,3975	1,0909
6	2,5215*	1,8179	2,8460*	1,6572	1,3348	0,7336
7	0,5631	0,5448	0,2821	0,1373	0,7445	0,0967
8	0,0729	0,9859	0,3371	0,0388	0,2368	0,2993
9	2,3040*	0,9729	0,5455	1,4325	1,2811	1,7404

*valores superiores ao Z crítico a 5% de significância (1,96), Fonte: Elaboração própria.

Os números da Tabela 13 mostram apenas 3 resultados superiores ao Z crítico, evidenciando a rejeição da hipótese 1 e aceitação da hipótese nula, de que não existe diferença estatisticamente significativa entre as diferenças nas distribuições de probabilidades observadas e esperadas. Os resultados, todavia, indicam que numa eventual necessidade de auditoria nos resultados do pregão, a investigação deveria iniciar-se pelos papéis cujas cotações iniciam-se com os dígitos 6 e em seguida com as iniciadas como 9, pois os testes excederam ao Z crítico no período, em 2 (dois) dias e (1) dia, respectivamente.

Tabela 14 - Aplicação da Lei de Newcomb-Benford no período analisado -X² Teste – X² crítico 15,507

Dia Dígito	08	11	12	13	14	15
1	0,0978	0,0653	0,3933	0,0095	0,3270	1,4985
2	0,0000	0,2884	0,1260	1,3785	0,1131	0,0441
3	1,2895	1,4020	1,4372	1,1613	3,5363	2,5967
4	0,1333	0,6753	3,5184	1,5901	0,7704	0,9267
5	0,1667	0,2759	0,1642	0,3586	0,2310	1,3115
6	6,8571	3,4724	8,1678	2,9151	1,9522	0,6654
7	0,5000	0,4148	0,1525	0,0614	0,7031	0,0436
8	0,0000	1,1730	0,2049	0,0014	0,1253	0,1714
9	5,7857	1,1667	0,4413	2,3351	1,9094	3,3470
Total X ²	14,8302	8,9338	14,6056	9,8111	9,6677	10,6049

*valores superiores ao X² crítico 15,507, Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 14, com o teste X^2 é mostrado que existe suficiente evidência para aceitar a hipótese nula, de que não existe diferença estatisticamente significativa entre as diferenças nas distribuições de probabilidades observadas e esperadas e, portanto, que a distribuição dos lançamentos observados é compatível com a distribuição segundo a Lei de Newcomb-Benford para os dias 08, 11, 12 13 14 e 15/maio/2015. Pois em todos esses dias o valor de X^2 é inferior ao valor de X^2 crítico, para um nível de significância de 0,05 e 8 graus de liberdade que é 15,507.

Com base nas aplicações realizadas é possível verificar, nas análises dos boletins de fechamento das cotações do mercado a vista, lote padrão, da Bolsa de Valores de São Paulo - Bovespa selecionados para o estudo, que a probabilidade de ocorrência de dígitos na primeira posição nos valores das séries de cotações se ajustam a Lei de Newcomb-Benford. Os dados indicam a evidência significativa da aplicabilidade do modelo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho foi aplicar a Lei de Newcomb-Benford no controle das cotações diárias para ações no mercado a vista da Bolsa de Valores de São Paulo, na tentativa de se obter uma nova forma de proteger o mercado contra fraudes ou manipulações tendentes a produzir ofertas e demandas artificiais com vistas a influenciar a cotação dos títulos.

O trabalho apresentou a Lei de Newcomb-Benford, com um breve histórico, uma revisão literária com a aplicação desta lei em publicações nacionais e internacionais. Descreveu a aplicação da lei dentro do contexto da contabilometria, que se fundamenta na relação com os testes de hipóteses (Z e X^2) e foi apresentado o comportamento do pregão da

Bolsa de Valores de São Paulo num período de 6 dias úteis sequenciais e consecutivos, de 08 a 15/maio/2015, período suficiente para demonstrar a aplicabilidade da Lei Newcomb-Benford ao caso concreto e inferir sua aplicabilidade no controle diário do pregão da Bolsa, podendo ser usada ferramenta adicional para proteger o mercado contra erros, fraudes e manipulações de dados.

Os resultados do estudo de caso mostram evidências da aplicabilidade do modelo baseado na Lei de Newcomb-Benford para o processo de controle.

Devido à elevada quantidade de informações que são tratadas diariamente no ambiente da bolsa de valores, com a tabulação dos primeiros dígitos e a aplicação do modelo apresentado é possível identificar casos de manipulação com maior agilidade e consistência. Sendo que de outra forma se tornaria trabalhoso uma análise caso a caso para posterior tomada de decisão, servindo também como instrumento de diagnóstico e correção.

Esta pesquisa mostra que a aplicabilidade da Lei de Newcomb-Benford pode ser mais uma ferramenta a auxiliar o gestor na tomada de decisão e sugere a inclusão dessa ferramenta no controle diário do pregão com o objetivo de obter resultados relevantes com mais rapidez e ainda como um reforço se associado aos métodos de segurança já utilizados pela Bolsa e apresentado na parte inicial do presente artigo (capítulo 2, títulos 2.4 e 2.5).

REFERÊNCIAS

FRANCISCHETTI, Carlos Eduardo. Aplicação da Lei dos Números Anômalos ou Lei de Newcomb-Benford para o Controle das Demonstrações Financeiras das Organizações. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Gestão e Negócios, UNIMEP: Piracicaba, 2007.

RIBEIRO, Juliana C.; et al. Aplicação da Lei Newcomb-Benford na Auditoria. Caso notas de empenho dos Municípios do Estado da Paraíba. In: CONGRESSO DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE USP, n. 5, 2005. São Paulo. 2005. Anais. Disponível em: <www.congressousp.fipecafi.org/artigos22005/333.pdf> Acesso em: 20.abril. 2015.

SANTOS, Josenildo dos; et al. Uma Aplicação da Teoria das Probabilidades na

Contabilometria: A Lei Newcomb-Benford como Medida para Análise de Dados no Campo da Auditoria Contábil. UnB Contábil – Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais da Universidade de Brasília. Brasília, primeiro semestre 2003.

SANTOS, Josenildo dos; et al. Aplicações da lei de Newcomb-Benford na auditoria tributária do Imposto Sobre Serviços de qualquer natureza (ISS). Revista Contabilidade e Finanças – USP, São Paulo, n. 49, p. 79-94, jan. /abr. 2009.

COSTA, Jose Isídio de Freitas; et al. Aplicação da Lei de Newcomb-Benford para o Primeiro e Segundo Dígitos dos Gastos de Dois Estados Brasileiros, Artigo apresentado no 11º Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, São Paulo, SP, 2011.

FORSTER, Rubens Peres. Auditoria contábil em entidades do terceiro setor: uma aplicação da Lei Newcomb-Benford. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WIKIPÉDIA - Enciclopédia Livre. Disponível em [<http://pt.wikipedia.org>] Acesso em 25/05/2015.

BM&FBOVESPA – Endereço eletrônico: [<http://www.bmfbovespa.com.br/fechamento-pregao>] Acesso em 15/05/2015.