Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Sociais
Faculdade de Administração e Finanças

Noé Loureiro Madureira

Aplicabilidade da lei de Benford na análise de um conjunto de dados eleitorais

Rio de Janeiro
2012

Noé Loureiro Madureira

Aplicabilidade da lei de Benford na análise de um conjunto de dados eleitorais

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle de Gestão

Orientador: Prof. Dr. Luiz da Costa Laurencel

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CCS/B

M183 Madureira , Noé Loureiro
Aplicabilidade da lei de Benford na análise de um conjunto de dados eleitorais / Noé Loureiro Madureira. - 2012.
117f.

Orientador: Luiz da Costa Laurencel
Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Administração e Finanças.
Bibliografia: f.111-117

1. Perícia contábil - Teses. 2. Auditoria - Teses.
I.Laurencel, Luiz da Costa.II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Administração e Finanças.III.Título.

CDU 657.6.08

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

_____ 09/03/2012
Assinatura Data

Noé Loureiro Madureira

Aplicabilidade da lei de Benford na análise de um conjunto de dados eleitorais

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Faculdade de Administração e Finanças, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle de Gestão

Aprovada em 09/03/2012

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz da Costa Laurencel (Orientador)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Professor Dr. Waldir Jorge Ladeira dos Santos
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Professor Dr. Professor Dr. José Paulo Cosenza
Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2012

DEDICATÓRIA

À Deus,
que sempre iluminou o meu caminho

À Minha esposa Mônica e meus filhos Danielle, Lucas e Matheus,

pelo amor, pela paciência , compreensão e incentivo nos momentos mais difíceis

Aos meus pais,
que sempre confiaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar saúde, ânimo, equilíbrio e sabedoria, durante essa caminhada. Nos momentos mais difíceis, Ele me conduziu e não permitiu que desanimasse. Dando-me fé e paciência para nunca desistir dos meus sonhos.

À minha família que deu todo apoio durante esse período, em especial minha esposa Mônica, pela incessante fé, carinho e amor, por mim e por meus filhos. Ela, mais do que ninguém, merece a minha especial admiração por nunca ter duvidado da minha capacidade e determinação. Nunca ter questionado minhas decisões, mesmo não parecendo ter sentido e acreditado que ao final eu sempre terei escolhido o melhor caminho. Um carinho especial a minha mãe, que hoje não se encontra mais entre nós, mas que sempre será minha fonte de inspiração. Sei que ela está tomando conta de mim e dos meus filhos e está muito feliz em me ver dar mais um grande passo na vida.

Ao meu orientador professor Laurencel, por me guiar nesta pesquisa que foi conduzida da melhor forma possível, com ideias, questões e colocações inteligentes e pertinentes para a evolução do trabalho, sempre com muita paciência, empenho e dedicação visando à qualidade deste trabalho. Um grande professor que, acima de tudo, procura entender seu aluno e orientá-lo de forma tranquila e serena.

Gostaria de deixar um abraço especial ao Prof. Dr. Álvaro que, apesar de nunca ter sido meu professor, desde 2001, quando fui seu estagiário, participou da minha caminhada.

Aos caros companheiros desta trajetória, um abraço especial para a Adriana e Farid, devido à parceria que tivemos durante o último ano de trabalho. Sempre soubemos contribuir de forma complementar para que avançássemos por sobre os obstáculos. Ao Farid, que me emocionou profundamente ao me citar nos seus agradecimentos. Não era necessário agradecer nada, pois tudo não passou de uma simples e sincera amizade. A Adriana que do seu jeito calmo e ansioso conquistou minha preocupação. Aos demais companheiros de mestrado pelo convívio, pelas trocas de experiências, pela união e parceria. Todos, de alguma maneira, contribuíram para a transposição vitoriosa das barreiras e dificuldades por mim defrontadas durante este nosso trajeto. Obrigado a todos!

A todos os meus amigos, que torceram por minha conclusão. Apesar de abandoná-los por algum tempo, voltaremos à convivência em breve.

Ao Prof. Dr. José Paulo Cosenza e Prof. Dr. Waldir Jorge Ladeira dos Santos por terem participado da banca de defesa desta dissertação, pelas sugestões de pesquisa.

Aos professores do mestrado, tanto os do primeiro período, quanto os do 2º período, que me auxiliaram a vencer esta etapa de vida, pelos ensinamentos transmitidos além da imprescindível ajuda.

Aos funcionários da secretaria e da biblioteca, pela ajuda contínua. Aos funcionários do Programa de Mestrado: Betinha, Beth, Deise, Felipe, Luis, Tânia, Fátima. Um especial agradecimento para a grande mãe dos alunos do mestrado da UERJ, Dona Heloísa. Uma pessoa que sempre trabalhou para o aluno, incentivando, cobrando e torcendo para que tudo desse certo e o curso fosse concluído. Lamento que os mestrandos da turma de 2010 não tenham tido oportunidade de conhecê-la no Mestrado. Um beijo no coração!

E, finalmente, a todos que de alguma forma contribuíram direta e indiretamente para a realização deste sonho, MUITO OBRIGADO!

RESUMO

MADUREIRA, Noé Loureiro. *Aplicabilidade da lei de Benford na análise de um conjunto de dados eleitorais.* 2012. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Administração e Finanças, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Essa pesquisa teve como objetivo analisar a aplicabilidade de uma metodologia de investigação das disfunções existentes no conjunto de dados eleitorais de uma eleição para cargo majoritário no Brasil. O desenvolvimento e a rápida expansão da teoria descoberta por Newcomb-Benford, conhecida como Lei de Benford, bastante difundida por Mark J. Nigrini, Ph.D. no meio contábil, com a utilização de testes estatísticos, despertou o interesse por esta pesquisa. Vislumbrou-se a possibilidade de reduzir o risco de fraude eleitoral através da utilização da análise digital. Entretanto, é necessário adotar procedimentos mais acurados para que possíveis erros de aplicação do método analisado não acabem inviabilizando os efeitos benéficos trazidos pelo mesmo. A probabilidade de ocorrência do erro tipo I – alarme falso – pode levar ao aumento de custo na análise dos dados. Um dos maiores problemas encontrados em auditorias, contábeis ou não, diz respeito à falha na obtenção de evidências. No Brasil, a partir da utilização de sistema de processamento eletrônico de votação, houve um aumento da preocupação com a fraude, visto que não existe ainda um procedimento que permita verificar, por trilha de auditoria, a confiabilidade dos dados eleitorais. Para atingir o objetivo da pesquisa, foi realizada a aplicação do método estudado em um conjunto de dados relativos à eleição para cargo majoritário – Presidente da República do Brasil - no ano de 2010, e a posterior análise dos resultados obtidos. Então, a partir dos resultados obtidos, pode-se sugerir a aplicabilidade da Lei de Benford, em especial o teste do 2º dígito, para a detecção de manipulação ou fraude no conjunto de dados eleitorais.

Palavras-chave: Auditoria Analítica. Fraude Contábil. Lei de Benford. Análise Digital.

ABSTRACT

This research aimed to examine the applicability of a methodology for investigating the anomalies existing in the data set for election in a majority election to office in Brazil. The development and rapid expansion of the theory discovered by Newcomb-Benford, known as Benford's Law, widespread by Mark J. Nigrini, Ph.D. in accounting, with the use of statistical tests, aroused the interest by this research. It is envisioned the possibility of reducing the risk of voter fraud through the use of a digital system. However, it is necessary to adopt more accurate procedures for possible errors in applying the method analyzed do not end up invalidating the beneficial effects brought by it. The probability of Type I error - false alarm - can lead to increased costs in the data analysis. One of the biggest problems found in audits, financial or otherwise, with regard to failure in obtaining evidence. In Brazil, from the use of electronic processing system of voting, there was an increased concern with fraud, since there is still a procedure for verifying, by audit trail, data reliability election. To achieve the objective of the research was performed with the method studied in a set of data relating to the election for majority seat - President of the Republic of Brazil - in 2010, and subsequent analysis of the results. Then, from the results, may suggest the applicability of the Benford´s Law, in particular of the 2nd test digit, for detecting fraud or manipulation in election data set.

Keywords: Auditing Analytical. Accounting Fraud. Benford's Law. Digital Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 -	Exemplo de Distribuição de Votos válidos por Partido/Coligação	28
Tabela 2 -	Exemplo de Distribuição de Vagas por Partido/Coligação	29
Tabela 3 -	Exemplo de Médias Calculadas por Partido/Coligação	30
Tabela 4 -	Exemplo de Médias Recalculadas por Partido/Coligação	30
Quadro 1 -	Cronologia da Eleição para o Ano de 2010	31
Quadro 2 -	Normas e Documentações relativas às Eleições de 2010	34
Quadro 3 -	Taxa x Tempo de Crescimento de uma População	37
Tabela 5 -	Frequência Esperada dos Dígitos conforme a Lei de Benford	38
Figura 1 -	Triângulo da Fraude	51
Figura 2 -	Modelo de Fluxograma para a utilização da LB numa Análise Digital	54
Tabela 6 -	Padrão para não conformidade com a Lei de Benford	57
Tabela 7 -	Frequência Esperada para dois primeiros dígitos, conforme Lei de Benford	58
Quadro 4 -	Código e Nome dos Candidatos a Presidente da República do Brasil nas eleições de 2010	66
Tabela 8 -	Perfil do Campo Voto	69
Tabela 9 -	Estatísticas do Campo Voto	69
Tabela 10 -	Estratificação do Campo Voto	70
Tabela 11 -	Distribuição dos votos por candidato a Presidente	71
Tabela 12 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato DILMA	72
Tabela 13 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato Zé MARIA	73
Tabela 14 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato IVAN	73
Tabela 15 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato EYMAEL	74
Tabela 16 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato LEVY	74
Tabela 17 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato RUI	74
Tabela 17 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato MARINA	75
Tabela 19 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato SERRA	75
Tabela 20 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato PLINIO	75
Tabela 21 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato BRANCO	76
Tabela 22 -	Resultado da LB para o 1º dígito do candidato NULO	76
Tabela 23 -	Consolidada dos Resultados da LB para o 1º Dígito dos Candidatos	77
Tabela 24 -	Resultado da LB para o 2º Dígito da Candidata DILMA	78

Tabela 25 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato ZÉ MARIA 78
Tabela 26 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato IVAN 79
Tabela 27 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato EYMAEL 79
Tabela 28 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato LEVY 80
Tabela 29 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato RUI 80
Tabela 30 - Resultado da LB para o 2º Dígito da Candidata MARINA 81
Tabela 31 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato SERRA 81
Tabela 32 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato PLINIO 82
Tabela 33 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato BRANCO 82
Tabela 34 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato NULO 83
Tabela 35 - Consolidada dos Resultados da LB para o 2º Dígito dos Candidatos 84
Tabela 36 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato DILMA – Município 85
Tabela 37 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato ZÉ MARIA – Município 86
Tabela 38 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato IVAN – Município 87
Tabela 39 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato EYMAEL – Município 88
Tabela 40 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato LEVI – Município 89
Tabela 41 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato RUI – Município 90
Tabela 42 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato MARINA – Município 91
Tabela 43 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato SERRA – Município 92
Tabela 44 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato PLINIO – Município 93
Tabela 45 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato BRANCO – Município 94
Tabela 46 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato NULO – Município 95
Tabela 47 - Teste Z e $\chi 2$ para o 1º dígito da LB dos dados eleitorais agregados por Município 97
Tabela 48 - Resultados que apresentam divergência no Teste Z realçado, para um nível de significância de 5% 97
Tabela 49 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato DILMA- Município 98
Tabela 50 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato ZÉ MARIA – Município 99
Tabela 51 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato IVAN – Município 99
Tabela 52 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato EYMAEL – Município 100
Tabela 53 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato LEVI – Município 101
Tabela 54 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato RUI – Município 101
Tabela 55 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato MARINA – Município 102
Tabela 56 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato SERRA – Município 103
Tabela 57 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato PLINIO – Município 103

Tabela 58 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato BRANCO – Município 104
Tabela 59 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato NULO – Município 105
Tabela 60 - Teste Z e $\chi 2$ para o 2º dígito da LB dos dados eleitorais agregados por Município 106
Tabela 61 - Resultados que apresentam divergência no Teste Z para um nível de significância de 5% realçados 106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Taxa de Crescimento Populacional	40
Gráfico 2 -	Estratificação do Campo Voto	70
Gráfico 3 -	Distribuição de Votos por Candidato a Presidente	72
Gráfico 4 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos da DILMA – Agregado por Município	85
Gráfico 5 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do ZÉ MARIA - Agregado por Município	87
Gráfico 6 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do IVAN - Agregado por Município	88
Gráfico 7 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do EYMAEL - Agregado por Município	89
Gráfico 8 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do LEVY - Agregado por Município	90
Gráfico 9 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do RUI - Agregado por Município	91
Gráfico 10 - -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos da MARINA - Agregado por Município	92
Gráfico 11 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do SERRA - Agregado por Município	93
Gráfico 12 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do PLINIO - Agregado por Município	94
Gráfico 13 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do BRANCO - Agregado por Município	95
Gráfico 14 -	Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do NULO - Agregado por Município	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACFE	*Association of Certified Fraud Examiners;*
ACL	*Audit Command Language*;
ARENA	Aliança Renovadora Nacional;
CFC	Conselho Federal de Contabilidade;
CMIND	Comitê Multidisciplinar Independente;
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica;
CTA	Centro Técnico Aeroespacial;
EUA	Estados Unidos da America;
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
IPC	Índice de Preços ao Consumidor;
IT	Interpretação Técnica;
ISS	Imposto Sobre Serviços;
LB	Lei de Benford;
MDB	Movimento Democrático Brasileiro;
NBC-T	Normas Brasileiras de Contabilidade – Técnica;
OAB	Ordem dos Advogados do Brasil;
ONG	Organização Não Governamental;
MP	Ministério Público;
PIB	Produto Interno Bruto;
RFB	Receita Federal do Brasil;
SAS	*Statement on Auditing Standards*;
SRF	Secretária da Receita Federal;
TCE	Tribunal de Contas do Estado;
TRE-SC	Tribunal Regional Eleitoral de Santa Catarina;
TSE	Tribunal Superior Eleitoral;

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	16
1	**REVISÃO DA LITERATURA**	20
1.1	**O Sistema Eleitoral – Histórico**	20
1.1.1	Brasil Colônia (1500-1821)	20
1.1.2	Império (1822-1889)	21
1.1.3	República Velha (1889-1930)	22
1.1.4	Revolução de 1930	23
1.1.5	Constituição de 1934 e a Redemocratização (1945-1964)	24
1.1.6	Regime Militar (1964-1985)	25
1.1.7	De 1986 até os dias de hoje.	27
1.2	**A Obrigatoriedade do Voto**	31
1.3	**A Urna Eletrônica e Breve Histórico**	32
1.4	**As Normas e documentações – Eleições**	33
1.5	**A Lei de Benford**	36
1.5.1	Exemplificação da Lei de Benford	36
1.5.2	Outra Exemplificação da Lei de Benford	39
1.5.3	Histórico Resumido do Desenvolvimento da Teoria	41
1.5.4	Recentes aplicações da Lei de Benford	43
1.5.5	Aspectos de Conformidade do Conjunto de Dados com a Lei de Benford	47
1.6	**Fraude**	49
1.6.1	**Impacto Econômico**	50
1.7	**Análise Digital**	52
1.8	**Eleições e Lei de Benford**	59
2	**METODOLOGIA**	64

3 **ANÁLISE DOS DADOS.** 69

4 **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES** 108

REFERÊNCIAS 111

INTRODUÇÃO

A ocorrência de eleições fraudulentas e questionamentos sobre os resultados das eleições não são novidades. Gumbel (2005) analisa o histórico de manipulações e fraudes eleitorais ocorridos nos Estados Unidos, desde o início da República. De acordo com Lehoucq (2003), em todo o mundo, em todas as democracias, sejam elas iniciantes ou veteranas, as alegações de votos fraudulentos ocorrem com frequência. Em virtude da entrada de um novo elemento tecnológico – a urna eletrônica – tornou-se impossível o uso do método de recontagem física dos votos para verificar a exatidão da totalização. O advento das urnas eletrônicas, eliminou quase que completamente as cédulas de papel, que agora já não existem mais para serem recontadas. Atualmente no Brasil, para se roubar uma eleição, não é mais necessário lançar urnas cheias de cédulas no rio ou implantar cédulas falsas nas urnas ou outras técnicas mais criativas. Hoje só é necessário ter acesso a uma porta de entrada e implantar algumas linhas de código de linguagem de computador. É extremamente difícil detectar tais manipulações e a Sociedade deseja uma solução urgente para este problema. Ao analisar o problema pelo foco da legitimidade, não está claro se o pior é que os resultados das eleições possam estar incorretos ou que os eleitores possam não acreditar que os resultados são válidos. O objetivo deste trabalho é analisar um método analítico destinado a detectar possível manipulação eleitoral. Este método é baseado na teoria da Lei de Benford. O método aqui descrito é baseado no teste da distribuição dos dígitos na contagem de votos. É pesquisada a aplicação desse método tanto a nível de município quanto a nível de seção eleitoral. Parte da potencial importância prática deste método é que é comum ocorrerem situações reais em que pouco mais do que as contagens de votos estariam disponíveis. Nas urnas eletrônicas utilizadas no Brasil para a votação, não é possível relacionar, através dos registros, o voto individual a uma determinada transação. Desta forma protege-se a instituição do voto secreto. O método do teste do dígito-se baseia na expectativa de que os dígitos da contagem de votos satisfazem a Lei de Benford. Esta lei especifica que os possíveis dígitos de um número não ocorreriam com igual frequência, mas sim com determinada frequência. Neste trabalho, é verificada a possibilidade de utilização pelo auditor da Lei de Benford como uma possível ferramenta para a realização de teste analítico sobre os dados eleitorais. Nos

últimos anos, tem-se assistido ao crescimento acelerado da tecnologia e da quantidade de informação disponível. No mesmo caminho, o número de transações processadas diariamente atingiu um número extremamente impressionante. Novas Normas de Auditoria e novas imputações de responsabilidade aos auditores em relação à detecção de fraude fazem com que esse assunto seja tratado com mais cuidado pelas empresas de auditoria. Apesar da Norma de Auditoria emitida pelo CFC – NBC T 11 – responsabilizar primariamente a administração pela prevenção e identificação; o auditor deve planejar seu trabalho de forma a detectar fraudes e erros que impliquem efeitos relevantes no objetivo final de seu trabalho. Ao efetuar uma auditoria, o auditor deve, a todo o momento, atentar para o Risco de Auditoria. O auditor tem como objetivo final de seu trabalho, contábil ou não, a emissão de uma opinião, na forma de um parecer ou de um relatório, sobre o trabalho executado. De forma a ter uma fundamentação adequada para apoiar seu parecer ou relatório de auditoria, o auditor deve se sustentar em evidências suficientes e apropriadas por meio de procedimentos de auditoria. No caso dos lançamentos contábeis, este suporte documental é, por exemplo, faturas, notas fiscais, apólices, escrituras, etc. Com a evolução tecnológica dos sistemas atualmente utilizados, esta documentação é gerada originalmente em meio eletrônico. De qualquer modo, a questão principal para o auditor é a transição destas informações por diversos meios e a possibilidade da quebra da segurança da informação. Haugen e Selin (1999) dizem que alterações intencionais ou manipulações para, de alguma forma, autenticar condutas ilegais são as principais formas de crime digital ou de fraude. Todos esses problemas apresentados anteriormente acarretam em uma maior dificuldade na busca por evidências de auditoria suficientes, o que, aliás, tem se mostrado um problema comum em diversas auditorias como relatado na pesquisa realizada por Beasley (2001). Por outro lado, o ambiente de Tecnologia da Informação no qual as empresas atualmente se inserem, permitem ao auditor um amplo espectro no uso de ferramentas de análise digital como, por exemplo, o ACL – atualmente o software mais utilizado pelas maiores empresas de auditoria externa e também pelos auditores internos de grandes empresas. Desta forma podemos inferir que a utilização da análise digital confere mais eficiência e eficácia aos procedimentos de auditoria. Embora a manipulação deliberada de informações seja difícil de ser detectada por controles tradicionais, provavelmente a utilização da Lei de Benford possa oferecer uma solução para este tipo de problema. Apesar do avanço tecnológico, a tecnologia das eleições não é 100% perfeita. Os Sistemas eletrônicos de votação estão atualmente em estudo e desenvolvimento em todo o

mundo. Esses sistemas proporcionam um aumento das oportunidades de voto porque possibilita ampliar o número de lugares onde é possível exercer o direito de voto, redução de votos "nulos" não intencionais, maior rapidez e exatidão na contagem dos votos, etc. Entre as principais conclusões do Comitê Multidisciplinar Independente (CMind) no seu 1º relatório sobre o Sistema Brasileiro de Votação Eletrônica - 2010 está a seguinte afirmação:

> "Desde 1996, no sistema eleitoral eletrônico brasileiro é impossível, para os representantes da Sociedade, auditar o resultado da apuração dos votos. Em outras palavras, caso ocorra uma infiltração criminosa determinada a fraudar as eleições, restou evidente que a fiscalização externa dos Partidos, da OAB e do MP, do modo como é permitida, será incapaz de detectá-la."

E, por este motivo, recomendou a implantação da possibilidade de auditoria independente dos resultados eleitorais e a regulamentação sobre as regras de auditoria para as eleições. Lembrando sempre que no caso brasileiro o voto é secreto, o que é um fator de restrição à auditoria eleitoral. No entendimento de Vergara (2009, p.24) "problema é uma questão não resolvida, é algo para o qual se vai buscar resposta". Assim, a questão principal deste trabalho é a aplicabilidade da Lei de Benford como uma ferramenta de revisão analítica para a auditoria eleitoral, com o objetivo de buscar evidências através do uso da análise digital e minimizar o risco de auditoria.

Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa foi contribuir com o estudo da possibilidade de aplicação de um método analítico, que se utiliza da Teoria da Lei de Benford, para análise de um conjunto de dados eleitorais.

Para alcançar a resposta à questão de pesquisa, há a necessidade da fixação dos seguintes objetivos específicos:

- Identificar possível conformidade do 1º dígito para a Lei de Benford, nos dados eleitorais.
- Identificar possível conformidade do 2º dígito para a Lei de Benford, nos dados eleitorais.

Organização da dissertação

Esta dissertação está estruturada em quatro seções, além das referências e dos anexos.

A Introdução contextualiza o problema a ser pesquisado, apresentam os objetivos, a questão de pesquisa e a justificativa para seu estudo.

A primeira seção apresenta a Revisão da Literatura onde são abordados aspectos teóricos e conceituais.

A segunda seção aborda os Procedimentos Metodológicos, descreve a metodologia, detalha a pesquisa e a coleta de dados.

A terceira seção traz os Resultados obtidos, apresentando os resultados e sua análise.

A quarta seção apresenta as Conclusões e Recomendações para futuras pesquisas. Complementando este estudo ao final apresentam-se as referências consultadas.

1 REVISÃO DA LITERATURA

A fundamentação teórica deste estudo aborda o Sistema Eleitoral Brasileiro desde a descoberta do Brasil até a atualidade, e alguns de seus aspectos e modo de operação. Por fim apresenta a Teoria da Lei de Benford, seu desenvolvimento e suas diversas aplicabilidades até os dias de hoje.

1.1 Sistema Eleitoral - Histórico

A partir de agora será feito um breve resumo histórico da evolução do Sistema Eleitoral Brasileiro desde a época do descobrimento do Brasil

1.1.1 Brasil Colônia (1500-1821)

Desde o início da colonização do Brasil pelos portugueses, nos primeiros núcleos de povoadores, já se exercia o voto. Já era tradição portuguesa eleger os administradores dos povoados sob domínio luso. De acordo com Sousa (1996, p. 17), este exercício do voto obedecia às Ordens do Reino e semelhantes às realizadas em Portugal. Conforme seu relato, temos uma síntese das ações eleitorais ocorridas no período:

> Em 1821 realizaram-se as primeiras eleições gerais no Brasil, sendo eleitos os deputados para as Cortes Gerais de Lisboa, responsáveis pela primeira Carta Constitucional da monarquia portuguesa. Os eleitores de Portugal, de Algarves e do Brasil participaram da votação em março de 1821. Nessas eleições foi adotada a lei eleitoral estabelecida pela Constituição espanhola de 1812, que estabelecia que cada província elegeria um deputado para cada trinta mil habitantes, cabendo ao Brasil eleger 72 parlamentares. As eleições foram realizadas em quatro etapas: o povo escolhia os compromissários, que elegiam os eleitores da paróquia, responsáveis pela escolha dos eleitores de comarca, e estes elegiam os deputados. Ainda em 1821 foi realizada outra eleição no Brasil, quando D. João VI decretou a forma provisória da administração política e militar das províncias do Reino do Brasil, que seriam governadas por Juntas Provisórias.

A primeira eleição de que há registro histórico aconteceu em 1532. O objetivo era eleger o Conselho Municipal da Vila de São Vicente-SP. As eleições gerais de 1821 duraram vários meses, devido a suas inúmeras formalidades, e algumas províncias sequer chegaram a eleger seus deputados.

1.1.2 Império (1822-1889)

De acordo com a informação colhida do sítio eletrônico do Tribunal Regional Eleitoral de Santa Catarina (TRE-SC), em 19 de junho de 1822 foi publicada a primeira lei eleitoral brasileira. Ela regulamentava a escolha de uma Assembleia Geral Constituinte e Legislativa que foi composta por deputados das províncias do Brasil. Eleita posteriormente a Proclamação da Independência, foi responsável pela elaboração da Constituição do Império, outorgada em 1824.

De acordo com Soares (1990), as eleições eram indiretas e em dois graus. Na eleição de primeiro grau, os votantes escolhiam, em assembleias paroquiais, os eleitores de província. Na eleição de segundo grau, os eleitores nomeavam os deputados e senadores para a Assembleia Geral Constituinte e Legislativa e os membros dos Conselhos Gerais das Províncias. A Constituição de 1824 manteve as restrições ao direito de voto além de criar outras, como a exigência de uma determinada renda para ser votante, eleitor e elegível, deputado e senador. Outras leis eleitorais vigoraram no Brasil no período. O Decreto nº 157, de 4 de maio de 1842 estabelecia a inscrição prévia dos eleitores, multa para o eleitor que deixasse de votar, o voto do analfabeto, o voto por procuração e a exigência de que o pleito fosse realizado no mesmo dia em todo o país. A partir de 1842, com uma nova lei eleitoral, o alistamento dos eleitores passou a ser feito por Juntas Eleitorais presididas por juiz de paz.

Conforme Jobim (1996), o Decreto n. 842, de 19 de setembro de 1855, a chamada Lei dos Círculos dividia as províncias em distritos eleitorais de acordo com o número de deputados eleitos em cada província. Cada distrito passava a eleger um deputado, como no sistema de círculos criado na França e utilizado também nos Estados Unidos e na Inglaterra. Essa lei dispunha pela primeira vez sobre as incompatibilidades – a ocupação de determinados cargos públicos impedia a eleição para cargos políticos.

Em 1875, com o Decreto n. 2.675, de 20 de outubro de 1875, chamada Lei do Terço, foram introduzidas modificações importantes, como a formação de juntas paroquiais de

qualificação de eleitores. Os casos excepcionais eram julgados pelo Juiz de Direito e, em última instância, pelo Tribunal de Relação do distrito. Atribuições importantes eram, pela primeira vez, assumidas pela Justiça, no processo eleitoral, de forma que dirimia as dúvidas, fazia cumprir os dispositivos eleitorais e julgava os recursos. Era de competência do Juiz de Direito reconhecer a validade ou nulidade das eleições. Foi nesta lei que foi criado o título de eleitor. Dois anos após a implantação da chamada Lei do Terço é implantado o voto direto com o Decreto n. 3.029, de 9 de janeiro de 1881, a chamada Lei Saraiva. De acordo com Cândido (2006), D. Pedro II incumbiu o político liberal José Antônio Saraiva de formular nova lei eleitoral que foi redigida por Rui Barbosa. A lei abolia o sistema de eleições indiretas, em vigor desde 1821. Instituía-se, portanto, pela primeira vez no Brasil, o voto direto. Além disso, continuava-se permitindo o voto do analfabeto, as exigências de comprovação de renda e posição social para o direito ao voto. Ainda não havia a obrigatoriedade de registro de candidatos e partidos. Ainda de acordo com Cândido (2006), o Poder Judiciário, através da Lei Saraiva, se tornou fundamental para a realização das eleições, encarregando-se tanto do alistamento dos eleitores, quanto da apuração dos votos.

1.1.3 República Velha (1889-1930)

De acordo com a informação colhida do sítio eletrônico do Tribunal Regional Eleitoral de Santa Catarina (TRE-SC), a primeira lei eleitoral da República foi a de 8 de fevereiro de 1890, elaborada por Aristides Lobo, que tratava apenas da qualificação dos eleitores, feita por comissões distritais compostas de três membros: o juiz de paz, o subdelegado da paróquia e um cidadão de notória sabedoria, nomeado pelo presidente da Câmara. Dessa forma, o governo deixava a incumbência do alistamento eleitoral por conta de seus prepostos. Os analfabetos votariam caso tivessem se alistado pela Lei Saraiva e, a partir desta lei, o serviço eleitoral preferia a qualquer outro no serviço público. Em junho desse mesmo ano saiu a regulamentação para as eleições de setembro, cabendo aos congressistas eleitos a promulgação da Constituição e a eleição do primeiro presidente da República.

Nova regulamentação eleitoral viria em 1892, elaborada pelo Congresso Nacional e sancionada pelo presidente da República. Os estados e municípios adquiriam autonomia para

a realização de suas eleições com base nas leis eleitorais locais, que possuíam fundamento nas constituições próprias. Para os municípios era facultativo ter uma lei eleitoral, e, nesse caso, o eleitor precisava de três títulos eleitorais: o federal, o estadual e o municipal. De 1893 a 1896, cabe destacar três disposições que figuravam nas leis eleitorais: proprietários de empresas privilegiadas ou que gozassem de favores do Estado não poderiam se candidatar; processo de apuração em separado para os candidatos a presidente e vice-presidente da República; instituição do voto descoberto, que permitia ao eleitor votar em duas cédulas, a serem assinadas pela mesa receptora, e levar consigo uma delas para comprovar o seu voto. Em novembro de 1904, a nova lei eleitoral sancionada, conhecida como Lei Rosa e Silva, revogava toda a legislação eleitoral anterior, mas mantinha o voto descoberto. A lei gerou muita confusão na tentativa de unificar o alistamento, porém o eleitor podia utilizar um único título eleitoral, ao invés dos três necessários até então.

1.1.4 Revolução de 1930

De acordo com a informação colhida do sítio eletrônico do Tribunal Regional Eleitoral de Santa Catarina (TRE-SC), um dos postulados da Revolução era a verdade do voto, da eleição e da representação política, porque a fraude e a corrupção eleitoral abalavam o regime democrático e o coronelismo estava enraigado na vida política brasileira.

O Código Eleitoral de 1932 criou a Justiça Eleitoral – todos os trabalhos eleitorais, como alistamento, organização das mesas, apuração dos votos, reconhecimento e proclamação dos eleitos, passaram a ser competência da Justiça Eleitoral. Instituiu, ainda, a idade eleitoral mínima de 21 anos, o voto secreto, o sistema de representação proporcional e adotou o voto feminino, que, no entanto, foi sendo implantado de forma gradativa. Somente concedia-se esse direito cívico *sui juris* às mulheres solteiras, viúvas e separadas. As casadas só obtinham o direito ao voto se tivessem recursos próprios. Este código regulou em todo o país o alistamento eleitoral e as eleições federais, estaduais e municipais. Implantou-se a distinção entre quociente eleitoral e partidário para distribuição das cadeiras, e havia eleições em primeiro e segundo turnos.

1.1.5 Constituição de 1934 e a redemocratização (1945-1964)

De acordo com o Tribunal Regional Eleitoral de Santa Catarina (TRE-SC), a Constituição de 1934 reduziu a idade mínima de 21 para 18 anos, mantendo as anteriores restrições ao direito de voto. Getúlio Vargas, no comando do governo, deixou até de permitir a realização de eleições por largo espaço de tempo. Com o advento do Estado Novo, a Constituição de 1937, outorgada por Getúlio Vargas, excluiu a Justiça Eleitoral dos órgãos do Poder Judiciário. No período de 1937 a 1945 foram nomeados interventores para o Poder Executivo Estadual e Municipal, e as Casas Legislativas foram dissolvidas. As eleições em todo o país foram canceladas.

Ao apagar as luzes da ditadura do Estado Novo, a Justiça Eleitoral retoma suas atividades com a Edição do Decreto-Lei n. 7.586, de 28 de maio, que regulamentou as eleições e restabeleceu-a, retomando suas atividades em 7 de junho de 1945. Buscou-se uma Justiça Eleitoral independente e autônoma, baseada nos princípios democráticos, com a aplicação de um conjunto de medidas destinadas a assegurar a igualdade dos direitos de votantes e de votados. Ela dotou o país, além do Tribunal Superior Eleitoral, de um Tribunal Regional Eleitoral na capital de cada estado e no Distrito Federal, e de Juntas e Juízes eleitorais nas capitais, comarcas e distritos.

Após a queda do Estado Novo, o parlamento eleito em 2 de dezembro de 1945, valendo-se dos poderes ilimitados a ele conferidos pela Lei Constitucional nº 13/45, reuniu-se em Assembleia Constituinte e votou a nova Constituição. Com isso, em 5 de outubro de 1946, os Tribunais Regionais Eleitorais foram extintos e reinstalados a seguir nos moldes estabelecidos pela Constituição de 1946. Logo a seguir, em 1950, foi introduzida a Lei n. 1.164, que até 1965 foi a base pela qual os partidos políticos e toda matéria relativa a alistamento, eleições e propaganda eleitoral foram regidos.

Até 1955, os próprios candidatos confeccionavam e distribuíam as cédulas aos eleitores. Com a edição da Lei n. 2.582, de 30 de agosto do mesmo ano, a cédula da eleição presidencial passou a ser oficial, sendo que o mesmo critério foi estendido aos demais cargos somente em 1962.

1.1.6 Regime militar (1964-1985)

Segundo Soares (1990), durante o período do regime militar de 1964 que a criatividade eleitoral atingiu o ápice de inovação. Os casuísmos eleitorais ocorreram com mais frequência e em maior número. Foi neste período que instituída a eleição indireta para presidente e vice-presidente da República e para governadores e vice-governadores dos estados. Também no mesmo período, os prefeitos das capitais dos estados, das estâncias hidrominerais e de áreas de segurança nacional passaram a ser nomeados.

A partir de 1964, com a instalação do regime militar e a deposição do Presidente João Goulart, o processo eleitoral foi modificado várias vezes por Atos Institucionais, Emendas Constitucionais, Leis e Decretos-leis. O período foi marcado, ainda, pela extinção dos partidos e a cassação de direitos políticos. O longo período de intervenção militar no processo político e eleitoral limitou a ação da Justiça Eleitoral à organização dos pleitos. Com a publicação da Emenda Constitucional nº 8, de 14 de abril de 1977, baixada pelo presidente Ernesto Geisel, foi criada a figura do senador biônico, que era eleito indiretamente por um colégio eleitoral. Os senadores biônicos correspondiam a um terço do Senado Federal, foram eleitos em 1978 por um período de 8 anos. Além disso, outros casuísmos foram estabelecidos: as sublegendas, o voto vinculado e a Lei Falcão (Lei nº 6.339, de 1º de julho de 1976), que determinava que, na propaganda eleitoral, os partidos se limitassem a mencionar a legenda, o currículo e o número do registro do candidato na Justiça Eleitoral e a divulgar, pela televisão, sua fotografia.

Segundo o TSE, observa-se neste período que duas grandes reivindicações populares foram conquistadas: eleição direta para presidente e vice-presidente da República e a convocação da Assembleia Nacional Constituinte. Como já mencionado anteriormente, além de terem sido restabelecidas as eleições diretas para presidente e vice-presidente da República, também o foram as eleições diretas para prefeitos das capitais dos estados, das estâncias hidrominerais e de áreas de segurança nacional. Algumas manipulações do regime militar foram mantidas para as eleições dos membros da Assembleia Nacional Constituinte: sublegendas, candidaturas natas e as distorções do sistema de representação proporcional. Dessa forma, o governo conseguiu obter a maioria absoluta e controlar a Assembleia Nacional

Constituinte, aprovando matérias de seu interesse, como o sistema presidencialista e o mandato de cinco anos.

Entretanto, as forças de oposição conseguiram algumas vitórias na Constituinte que elaborou o texto constitucional vigente, inclusive no que diz respeito à matéria eleitoral. O direito de voto foi ampliado: passaram a ter o direito os maiores de dezesseis e menores de dezoito anos e os cabos e soldados, com exceção dos conscritos durante o período do serviço militar obrigatório.

Quanto ao sistema de representação proporcional, foram mantidas as desigualdades, apesar de uma pequena conquista: o número máximo de deputados por estado passou para setenta. Embora não tenha fixado o número total de deputados, que será estabelecido por lei complementar, definiu o número mínimo de oito e o máximo de setenta por estado.

Estabeleceu eleições diretas para governador do Distrito Federal e criou uma Câmara Legislativa composta de deputados distritais. As conquistas mais importantes foram a iniciativa popular na elaboração das leis, o plebiscito e o referendo.

O Código Eleitoral hoje em vigor teve origem na Lei n. 4.737, de 15 de julho de 1965, a qual estabeleceu os princípios básicos do atual sistema eleitoral brasileiro e ampliou o campo de atuação da Justiça Eleitoral.

O Ato Institucional nº 2, de 27 de outubro de 1965, extinguiu os partidos políticos existentes à época, dando origem ao bipartidarismo, representado pela Aliança Renovadora Nacional (ARENA) e pelo Movimento Democrático Brasileiro (MDB). O pluripartidarismo, vigente até a data de hoje, somente foi restabelecido em 1979.

Nos termos da Emenda Constitucional nº 25/85, de 15 de maio foram instituídos dois turnos de votação para os cargos de Chefe dos Executivos, eleições diretas para as capitais dos Estados, estâncias hidrominerais e áreas consideradas de segurança nacional.

Visando o aperfeiçoamento do sistema eleitoral, além das exigências de segurança e rapidez, e à eliminação de fraudes, foram implantadas pela Justiça Eleitoral, a partir de 1986, grandes modificações, tais como o controle informatizado do cadastro eleitoral, o recadastramento, bem como o processamento eletrônico dos resultados dos pleitos.

Com a promulgação da Constituição de 1988, foi estabelecido o sistema de eleição em dois turnos para os cargos de presidente da República e de governador, além do voto facultativo para os analfabetos e para os maiores de dezesseis anos. Previu, ainda, a realização

de plebiscito para escolha do sistema de governo, bem como assegurou ampla autonomia aos partidos políticos para definir sua estrutura interna, organização e funcionamento.

Dentre as transformações sofridas pelo referido ordenamento constitucional, convém destacar o critério de aplicação da lei eleitoral somente um ano após a data de sua vigência (Emenda Constitucional nº 4), bem como a possibilidade de reeleição dos Chefes dos Executivos (Emenda Constitucional nº 16).

Atualmente, as normas concernentes ao funcionamento do sistema eleitoral brasileiro encontram-se previstas, em síntese, na Constituição Federal de 1988 e nos seguintes dispositivos:

- Lei nº 4.737/1965 (Código Eleitoral);
- Lei nº 9.504/1997 (Normas para as Eleições);
- Lei Complementar nº 64/1990 (Inelegibilidades);
- Lei nº 9.096/1995 (Partidos Políticos)

Além disso, devem ser observadas as resoluções expedidas pelo Tribunal Superior Eleitoral.

1.1.7 De 1986 até os Dias de Hoje.

De acordo com o Tribunal Superior Eleitoral (TSE), desde 1994, o presidente e membros da Câmara dos Deputados e do Senado foram eleitos simultaneamente. Governadores de Estado e Distrito Federal, membros das Assembléias Legislativas dos Estados e Distrito Federal são também eleitos no mesmo processo eleitoral. A Câmara dos Deputados tem 513 membros; o Senado, 81 membros. Tanto o presidente e os 27 governadores são eleitos usando um sistema de dois turnos para ganhar aquele que possuir mais de 50% dos votos válidos. Se esta maioria ocorrer no primeiro turno, não haverá o segundo. Tanto o presidente quanto os Governadores de Estado são eleitos para mandatos de quatro anos com a possibilidade de reeleição para mais um período consecutivo.

Os 513 deputados são eleitos para 27 distritos eleitorais (26 Estados e 1 Distrito Federal) por um sistema eleitoral proporcional, para um mandato de quatro anos. O número de assentos para cada Estado variam entre 8 e 70. Os partidos divulgam uma lista de

candidatos para cada cargo e os eleitores poderão votar no partido ou num candidato. Os votos são totalizados em cada Estado, somando-se os votos nominais com os da legenda. O coeficiente eleitoral e partidário determinam a distribuição de cadeiras entre os partidos.

O artigo 106 do Código Eleitoral Brasileiro, determina que o cálculo do quociente eleitoral seja feito pela divisão do número de votos válidos apurados pelo de vagas a se preencher em cada circunscrição eleitoral, desprezando-se a fração se iqual ou inferior a meio e equivalente a um se superior. No próximo artigo, determina que o cálculo do quociente partidário seja feito pela pela divisão do quociente eleitoral do número de votos válidos dados sob a mesma legenda ou coligação, desprezando-se as frações.

Logo temos o coeficiente eleitoral e partidário nas fórmulas abaixo:

$$C_e = \frac{\text{Número de Votos Válidos}}{\text{Assentos a serem preenchidos}} \quad \text{e} \quad C_p = \frac{\text{Número de votos do Partido ou Coligação}}{C_e} \qquad (1)$$

Exemplo:

Supondo que temos 15 vagas a serem preenchidas e 106.093 votos válidos, que excluem os votos brancos e nulos. Nesta eleição participam 2 coligações e 1 partido.

Tabela 1 – Exemplo de Distribuição de Votos válidos por Partido/Coligação

Partido ou Coligação	Votos
Partido 1	45.210
Coligação 1	33.786
Coligação 2	27.097
Total de Votos Válidos	106.093

Fonte: O autor, 2012

O Coeficiente eleitoral é a parte inteira da divisão de 106.093 por 15 que dá 7.073 após arredondamento pois a fração é superior a 0,5. O Coeficiente partidário para cada partido ou coligação será a divisão dos votos obtidos pelo Coeficiente Eleitoral:

Tabela 2 – Exemplo de Distribuição de Vagas por Partido/Coligação

Partido ou Coligação	Votos	Vagas
Partido 1	45.210	6
Coligação 1	33.786	4
Coligação 2	27.097	3
Total de Assentos	15	13

Fonte: O autor, 2012

O número de assentos obtido por cada partido corresponde a parte inteira do Coeficiente Partidário. Neste caso a soma dos assentos obtidos pelos partidos ou coligações não é igual ao total de assentos disponíveis, logo os assentos restantes serão divididos de acordo com o sistema de distribuição das sobras.

A distribuição das sobras, ou método das Médias, é a forma como se distribuem as cadeiras que não puderam ser preenchidas pelo quociente eleitoral nas eleições proporcionais brasileiras. O Código eleitoral brasileiro define:

> I – dividir-se-á o número de votos válidos atribuídos a cada partido pelo número de lugares por ele obtido, mais um, cabendo ao partido que apresentar a maior média um dos lugares a preencher;
> II – repetir-se-á a operação para a distribuição de cada um dos lugares.
> § 1º O preenchimento dos lugares com que cada partido for contemplado far-se-á segundo a ordem de votação recebida pelos seus candidatos.
> § 2º Só poderão concorrer à distribuição dos lugares os partidos e coligações que tiverem obtido quociente eleitoral.Código Eleitoral, art. 109)

Do exposto acima, depreende-se que para cada partido ou coligação deve-se calcular a média :

$$M = \frac{\text{Número de Votos Válidos}}{\text{Assentos obtidos} + 1} \qquad (2)$$

O partido ou coligação que obtiver o maior valor de média obterá a primeira cadeira da sobra. Este procedimento será repetido após o recálculos das novas médias depois de ajustado o número de assentos do partido ou coligação que ganhou a sobra, até que não haja mais sobras. Continuando o nosso exemplo, temos de distribuir da seguinte forma os dois assentos que sobraram:

1º Sobra:

Tabela 3 – Exemplo de Médias Calculadas por Partido/Coligação

Partido ou Coligação	Coeficiente Partidários	Assentos	Média
Partido 1	6,3919	6	1,06531
Coligação 1	4,7767	4	1,19417
Coligação 2	3,8310	3	1,27700
Total de Assentos	15	13	

Fonte: O autor, 2012

A primeira sobra irá para a Coligação 2. Agora recalculamos a média da Coligação 2 e distribuiremos a 2ª Sobra:

Tabela 4 - Exemplo de Médias Recalculadas por Partido/Coligação

Partido ou Coligação	Coeficiente Partidários	Assentos	Média
Partido 1	6,3919	6	1,06531
Coligação 1	4,7767	4	1,19417
Coligação 2	3,8310	4	0,95775
Total de Assentos	15	14	

Fonte: O autor, 2012

A Coligação 1 receberá a segunda sobra.

Ao final do processo temos o Partido 1 com 6 assentos, a Coligação 1 com 5 assentos e a Coligação 2 com 4 assentos. Temos o total de 15 assentos distribuídos que é o total de assentos em disputa.

Após esta etapa de distribuição, os candidatos de cada partido ou coligação que receberam o maior número de votos, receberão os assentos obtidos pelo seu partido ou coligação.

Os 81 assentos do Senado Federal são compostos por três membros para cada estado e Distrito Federal. Os Senadores são eleitos por maioria simples para um mandato de oito anos. O Senado Federal é renovado a cada eleição, na proporção de dois terço e um terço em cada eleição.

Qualquer pessoa que deseje concorrer a cargo público no Brasil deve pertencer a um partido político, devidamente registrado no Tribunal Superior Eleitoral (TSE). Cabe ao TSE a responsabilidade da organização das eleições no Brasil.

A seguir o Quadro 1 apresenta a cronologia da eleição de 2010:

Quadro 1 – Cronologia da Eleição para o Ano de 2010
Fonte: Cronologia das Eleições (TSE, 2010)

Cargos Eletivos					
Ano do Pleito	Executivo Federal	Senado e Câmara Federal	Executivo Estadual	Assembleias Legislativas	Executivo e Câmara Municipal
	Presidente e Vice-Presidente	Deputado Federal/Senador	Governador	Deputado Estadual/Distrital/de Território	Prefeito, Vice-Prefeito e Vereadores
2010	3 de outubro (1º turno)	3 de outubro (1º turno)	3 de outubro (1º turno)	3 de outubro (1º turno)	
	31 de outubro (2º turno)		31 de outubro (2º turno)	31 de outubro (2º turno)	

Esta pesquisa será focada nas eleições para Presidente e Vice-Presidente da República Federativa do Brasil que ocorreram em 2010 e que seu primeiro turno aconteceu em 3 de outubro de 2010, conforme mostrado no Quadro 1.

1.2 A Obrigatoriedade do Voto

De acordo com Silva (1993, p. 50), "(...) o voto é um Direito Público subjetivo, uma função social (função da soberania popular na democracia representativa) e um dever, ao mesmo tempo.” Trata-se, evidentemente, de um dever social e político, independentemente de sua obrigatoriedade jurídica.

A Constituição de 1988 declara, em seu art. 14, § 1°, I, que o alistamento eleitoral e o voto são obrigatórios para os maiores de 18 anos. O descumprimento desse dispositivo impõe ao algumas sanções. Essas sanções, além das multas, privam o eleitor de diversos direitos que são dependentes do gozo dos direitos políticos.

No entender de Silva (1993), a obrigatoriedade de voto, em oposição a concepção da liberdade de voto, não é a obrigatoriedade como dever jurídico de emitir necessariamente o seu voto, mas a de comparecer à seção eleitoral, assinar a folha de votação e digitar o seu voto na urna eletrônica. Não se leva em consideração se o eleitor escolheu ou não seus representantes.

Conforme Hélio Silva (1985), a obrigatoriedade do voto remonta à época do Império. No seu comentário sobre o Decreto n° 57, de 19 de junho de 1882, que convocava a Primeira Assembleia Geral Constituinte e Legislativa para o Reino do Brasil observa-se que os eleitores precisavam ter pelo menos um ano de residência na freguesia onde fossem exercer o seu direito de voto. O voto era obrigatório, com exceção dos que vivessem de salário. Isto demonstra além da obrigatoriedade do voto o seu caráter discriminatório.

1.3 A Urna Eletrônica e Breve Histórico

Conforme informação colhida no sítio eletrônico do Tribunal Superior Eleitoral (TSE), a urna eletrônica nada mais é do que um microcomputador para uso específico nas eleições. Ele possui as seguintes características:

- Resistente;
- Leve;
- Possui recursos de segurança;
- Possui Pequenas dimensões;
- Possui alguma autonomia de energia.

A urna eletrônica é composta de dois terminais:

- o terminal do mesário - onde o eleitor é identificado e autorizado a votar;
- o terminal do eleitor, onde é registrado numericamente o voto.

Antes de efetivamente votar, o eleitor é identificado no terminal do mesário, que possui um teclado numérico e tela de cristal líquido. Nele é digitado o número do título de eleitor, e na tela de cristal líquido aparece o nome do eleitor e se o mesmo está apto a votar.

Por questões de segurança e de sigilo do voto, conforme determina a Constituição Federal do Brasil, a urna eletrônica somente grava a indicação de que o eleitor já votou. Por meio de processos de segurança, não existe possibilidade de se verificar em quais candidatos um eleitor votou.

O terminal do eleitor também possui teclado numérico, onde é registrado o voto, e uma tela de cristal líquido, onde são enviadas mensagens para orientação do eleitor no processo de votação.

A partir de 1985 se deu o início da implantação de um cadastro eleitoral informatizado pelo TSE., mas somente 10 anos depois é que a urna eletrônica foi desenvolvida nos moldes do que é hoje utilizada. Sua primeira utilização se deu no ano seguinte nas eleições municipais.

A comissão técnica que elaborou o projeto da urna eletrônica e definiu as especificações de requisitos funcionais foi composta por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) de São José dos Campos.

No início a urna eletrônica era chamada de "coletor eletrônico de votos". Ela tinha como objetivo identificar as possibilidades de automação do processo de votação e definir as medidas necessárias à sua implementação, a partir das eleições de 1996, em alguns municípios brasileiros. Somente a partir de 1996 é que 100% das eleições foram automatizadas.

O próximo passo da evolução da urna eletrônica será a utilização da biometria para identificação do eleitor, trazendo mais segurança contra a falsificação de documentos.

1.4 As Normas e documentações das Eleições

O Quadro 2, a seguir, apresenta todas as Normas e Documentações relativas às eleições ocorridas em 2010 e que são objeto deste trabalho. Procura-se resumir em um único quadro toda a legislação sobre o assunto.

Quadro 2 – Normas e Documentações relativas às Eleições de 2010

Processos	Norma em vigor	Ementa	Normas complementares (1)	Histórico de Alterações	
				Norma original (2)	Normas alteradoras
	23.331	Dispõe sobre a utilização do horário gratuito de propaganda eleitoral reservado aos candidatos no segundo turno da eleição presidencial de 2010 e aprova o plano de mídia das inserções			
	23.320	Dispõe sobre a utilização do horário gratuito de propaganda eleitoral reservado aos candidatos à eleição presidencial de 2010 e aprova o plano de mídias das inserções			
	23.254	Dispõe sobre os modelos de lacres e seu uso nas urnas, etiquetas de segurança e envelopes com lacres de segurança a serem utilizados nas eleições 2010.			
	23.243	Proposta. Alterações. Leiaute. Folha de votação. Eleições 2010. Aprovação.			
452-55.2010.6.00.0000	23.222	Dispõe sobre a apuração de crimes eleitorais.			
11-74.2010.6.00.0000	23.221	Dispõe sobre a escolha e o registro de candidatos nas eleições de 2010.		23.221	23.224
338-19.2010.6.00.0000	23.220	Dispõe sobre o número de membros da Câmara dos Deputados e das Assembleias e Câmara Legislativa para as eleições de 2010			
296-67.2010.6.00.0000	23.219	Dispõe sobre a instalação de seções eleitorais especiais em estabelecimentos penais e em unidades de internação de adolescentes e dá outras providências.	Protocolo de Cooperação Técnica nº 3/2010 (7)		
39732-67.2009.6.00.0000	23.218	Dispõe sobre os atos preparatórios das eleições de 2010, a recepção de votos, as garantias eleitorais, a justificativa eleitoral, a totalização e a proclamação dos resultados, e a diplomação.			
23-88.2010.6.00.0000	23.217	Dispõe sobre a arrecadação e os gastos de recursos por partidos políticos, candidatos e comitês financeiros e, ainda, sobre a prestação de contas nas eleições de 2010.	Instrução Normativa Conjunta nº 1.019(4) Carta-Circular do Banco Central do Brasil nº 3.436 (5)		
22-06.2010.6.00.0000	23.216	Dispõe sobre a arrecadação de recursos financeiros de campanha eleitoral por cartões de crédito.		23.216	23.248 23.285 23.309
363-32.2010.6.00.0000	23.215	Dispõe sobre o voto em trânsito na eleição presidencial de 2010.		23.215	23.322
12-59.2010.6.00.0000	23.208	Dispõe sobre os procedimentos especiais de votação nas seções eleitorais dos Municípios que utilizarão a biometria como forma			

		de identificação do eleitor.			
					CONTINUA
13-44.2010.6.00.0000	23.207	Dispõe sobre o voto do eleitor residente no exterior, na eleição presidencial de 2010.			23.306 23.307
129	23.205	Dispõe sobre a cerimônia de assinatura digital e fiscalização do sistema eletrônico de votação, do registro digital do voto, da votação paralela e dos procedimentos de segurança dos dados dos sistemas eleitorais.			
132	23.203	Dispõe sobre os formulários a serem utilizados nas eleições de 2010	-	-	-
130	23.202	Dispõe sobre as cédulas oficiais de uso contingente para as eleições de 2010	-	-	-
128	23.193	Dispõe sobre representações, reclamações e pedidos de resposta previstos na Lei nº 9.504/97	-	23.193	23.267 23.267 (Republicada por erro material)
131	23.191	Dispõe sobre a propaganda eleitoral e as condutas vedadas em campanha eleitoral (Eleições de 2010).	Portaria Conjunta SRF/TSE nº 74/2006(6) Portaria RFB nº 94/2010(3)	23.191	23.246 23.329
127	23.190	Dispõe sobre pesquisas eleitorais	-	-	-
126	23.089	CALENDÁRIO ELEITORAL (Eleições de 2010)	-	23.089	23.223 23.247
-	22.995	Dispõe sobre os modelos das telas de votação da urna eletrônica nas Eleições de 2010	-	22.995	23.195

Fonte: TSE, 2010

(1) Normas Alteradoras: modificações de texto ou anexos.
(2) Normas Complementares: explicações/soluções relacionadas a assuntos das instruções, sem alteração de texto.
(3) Determina que no exercício de 2010 não sejam destinadas a órgãos da Administração Pública mercadorias apreendidas ou abandonadas que, por suas características ou quantidades, possam vir a ser distribuídas gratuitamente à população pelo órgão beneficiário, exceto nos casos de calamidade pública, de estado de emergência ou de programas sociais autorizados em lei e em execução orçamentária no exercício anterior.
(4) Instrução Normativa Conjunta RFB-TSE. Dispõe sobre atos, perante o Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ), dos comitês financeiros de partidos políticos e de candidatos a cargos eletivos, inclusive vices e suplentes.
(5) Carta-Circular do Banco Central do Brasil. Esclarece acerca da abertura, da movimentação e do encerramento de contas de depósitos à vista, específicas para a campanha eleitoral de 2010.
(6) Dispõe sobre o intercâmbio de informações entre o Tribunal Superior Eleitoral e a Secretaria da Receita Federal e dá outras providências.
(7) Trata da conjugação de esforços para assegurar o direito de voto dos presos provisórios e adolescentes em cumprimento de medida socioeducativa de internação ou em situação de internação provisória.

Conforme se pode observar do Quadro 2, existem diversas normas e documentações que regulam o processo eleitoral. Algumas delas envolvendo outros órgãos distintos da Justiça Eleitoral. Este quadro procura demonstrar a grande complexidade do Sistema Eleitoral Brasileiro.

1.5 A Lei de Benford

De acordo com Nigrini (2000), a Lei de Benford procura predizer as frequências esperadas numa lista de números, ou seja, existiria um padrão de ocorrência dos dígitos. Em 1920, Frank Benford, Físico da General Electric, observou que as páginas do livro das tabelas de logaritmos que continham os números iniciais 1 e 2, eram mais utilizadas, e consequentemente sujas, do que as que continham os dígitos 7 e 8. A observação seria equivalente, atualmente, a dizer que as teclas 1 e 2 da calculadora são mais utilizadas do que as teclas 8 e 9. Naquela época, as tabelas de logaritmo eram utilizadas para facilitar a multiplicação ou divisão de números de alto valor.

Como o livro de logaritmos não era similar a um livro de romance que podemos abandonar no meio da leitura, Benford imaginou que os números com o primeiro dígito baixo são a maioria dos números. A partir do trabalho empírico de tabular a frequência dos dígitos em 20 listas de números, com 20.229 observações, Benford chegou a uma conclusão.

As listas de Benford continham números com relações pré-definidas como as encontradas em tabelas matemáticas de livros de Engenharia e também números que ele chamou de "*outlaw number that are without relationship*". Um exemplo de lista de números "*outlaw numbers*" foi os primeiros 342 endereços de rua da *American Men of Science*. A partir das frequências mostradas, Benford descobriu que os números, sem lei de formação, respeitavam mais as fórmulas logarítmicas que ele imaginava do que os outros números.

1.5.1 Exemplificação da Lei de Benford

Considerando uma população de 10.000 pessoas, assumindo que a mesma cresce a uma taxa constante de 10% ao ano. Com 10.000, o número de pessoas da população terá o dígito 1 como o primeiro dígito até a população atingir 20.000, o que corresponderá a um aumento de 100%. Se ignorarmos a composição de taxa sobre taxa, levará 10 anos para que a população atinja o crescimento total de 100%. Com 50.000, o número 5 será o primeiro dígito

até a população atingir 60.000, correspondendo a um crescimento de 20%. Se, novamente, admitirmos um crescimento constante de 10% ao ano, sem composição de taxa sobre taxa, levarão 2 anos para atingir 60.000 pessoas. Resumindo, e extrapolando até o dígito 9 temos o quadro abaixo:

Quadro 3 – Taxa x Tempo de Crescimento de uma População

1º Dígito	Taxa Total de Crescimento	Tempo de Crescimento à taxa de 10%
1	100%	10 anos
2	50%	5 anos
3	33%	3 anos e 3 meses
4	25%	2 anos e 6 meses
5	20%	2 anos
6	16,6%	1 ano e 8 meses
7	15%	1 ano e 6 meses
8	11,25%	1 ano e 1 mês e 8 dias
9	11%	1 ano 3 1 mês

Fonte: Corrar, Paulo, Dias Filho, 2009

Como observamos na figura acima, o dígito 9 permanece por menos tempo, como primeiro dígito, do que o dígito 1. Esta observação nos leva a concordar, intuitivamente com a Lei de Benford, contrariando o que a maioria das pessoas acha que a probabilidade do primeiro dígito significativo de um conjunto {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} será de P(d) = (1/9) = 11,11%.

Este mesmo conceito pode ser aplicado ao valor de mercado de empresas, volume de ações negociadas e quaisquer quantidades físicas com uma taxa de crescimento mais ou menos constante.

Como Benford observou, os dados devem se aproximar de uma sequencia geométrica, na qual cada membro da série deve ser maior do que o anterior, por uma taxa fixa. Esta é à base da Lei de Benford, cujo criador conclui que os números, sem lei de formação, são tão regulares porque "*Nature counts geometrically, and builds and functions accordingly*".

Temos, então, que pela Lei de Benford a frequência para o primeiro dígito, o segundo dígito, os primeiros dois dígitos e os primeiros três dígitos podem ser expressa pelas seguintes fórmulas matemática:

$$P(D_1 = d_1) = \log(1 + (\frac{1}{d_1})) \quad ; \quad d_1 \in \{1,2,...9\} \tag{3}$$

$$P(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^{9} \log(1 + (\frac{1}{d_1 d_2})) \quad ; \quad d_2 \in \{0,1,2,...9\} \tag{4}$$

$$P(D_1 D_2 = d_1 d_2) = \log(1 + (\frac{1}{d_1 d_2})) \quad ; \quad d_1 d_2 \in \{10,11,...99\} \tag{5}$$

$$P(D_1 D_2 D_3 = d_1 d_2 d_3) = \log(1 + (\frac{1}{d_1 d_2 d_3})) \quad ; \quad d_1 d_2 d_3 \in \{100,101,...999\} \tag{6}$$

Onde P indica a probabilidade observada do evento entre parênteses.

Baseado nas fórmulas anteriores, a frequência esperada, segundo a Lei de Benford, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto dígitos de um conjunto numérico poderá ser encontrada na Tabela 5.

Tabela 5 – Frequência Esperada dos Dígitos conforme a Lei de Benford

Dígito	**Primeiro Dígito**	**Segundo Dígito**	**Terceiro Dígito**	**Quarto Dígito**
0		0,11968	0,10178	0,10018
1	0,30103	0,11389	0,10138	0,10014
2	0,17609	0,10882	0,10097	0,10010
3	0,12494	0,10433	0,10057	0,10006
4	0,09691	0,10031	0,10018	0,10002
5	0,07918	0,09668	0,09979	0,09998
6	0,06695	0,09337	0,09940	0,09994
7	0,05799	0,09035	0,09902	0,09990
8	0,05115	0,08757	0,09864	0,09986
9	0,04576	0,08500	0,09827	0,09982

Fonte: Nigrini, 2000

A primeira coluna da primeira linha da Tabela 5 não possui frequência, pois o zero à esquerda não tem significância para qualquer número.

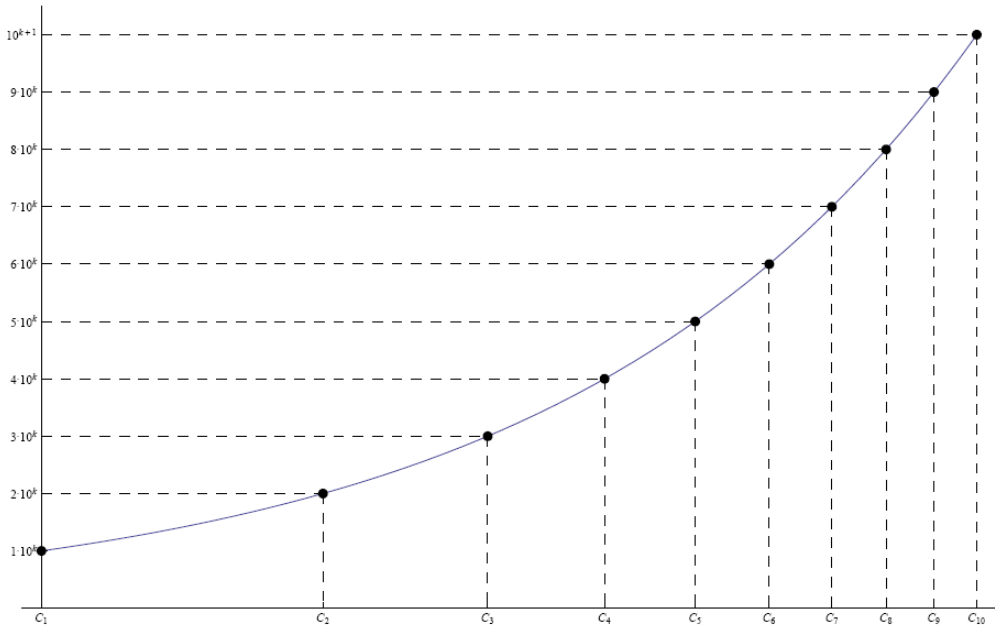
1.5.2 Outra Exemplificação da Lei de Benford

Ross (2011) sugere uma explicação para a Lei de Benford voltada para pessoas interessadas na Lei mas sem base matemática para tal. Ele modelou populações de algumas cidades antigas em alguma região, com os seguintes pressupostos: embora as populações das cidades provavelmente começaram aleatóriamente, cada uma delas cresce (ou diminui) de forma exponencial ao longo do tempo, de modo que o censo é um retrato do crescimento da população das várias cidades. Será visto mais tarde que é por isso que as observações posteriores irão satisfazer a Lei de Benford.

Primeiramente ele concentra-se em uma cidade. A população de uma cidade satisfaz a equação $P(n) = ar^n$ Na equação n representa a unidade de tempo, r é a taxa de crescimento populacional e a é o número de pessoas que faziam parte da cidade inicialmente. Só se está interesado no primeiro dígito do número de pessoas da cidade. Como multiplicá-los por qualquer potência de 10 não irá alterar em nada, assume-se que a população inicial satisfaz $1<a<10$ e a taxa de crescimento também satisfaz $1<r<10$.

De forma mais geral, suponha que se tenha informações recolhidas regularmente ao longo do tempo, e os dados descrevem uma quantidade que está aumentando ou diminuindo exponencialmente. Suponha que o período de tempo durante o qual os dados são coletados é suficientemente grande, o que pode ser quantificado e dependerá da taxa de crescimento. Neste caso a Lei de Benford se aplica. A grosso modo, isso ocorre porque o tempo gasto quando o primeiro dígito é 1 é relativamente e consideravelmente menor do que o tempo gasto quando a curva é crescente e mais acentuada, conforme se observa no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Taxa de Crescimento Populacional



Fonte: Ross, 2011

O Gráfico 1 mostra como a função cresce de 10^k até 10^{k+1}, mostrando como arte aumentos de 10^k para $10^{k\ 1}$. O primeiro dígito da função é , para o intervalo de tempo [C1, C2), é 2, para o intervalo de tempo [C2, C3), etc Então, claramente, o primeiro dígito é 1 por muito mais tempo do que é 9.

Olhando novamente para o gráfico 1, tem-se para d = 1, 2;..., 9, o tempo que o primeiro dígito é d é o comprimento do intervalo $[c_d, c_{d+1})$. Para determinar esses tempos, observamos que o gráfico de ar^t tem altura $d.10^k$ em c_d. Assim $ar^{cd}=d.10^k$.

Utilizando as regras de logaritmos, obtém-se $\log_{10}a + c_d.\log_{10}r = \log_{10}d+k$ e similarmente $\log_{10}a + c_{d+1}.\log_{10}r = \log_{10}(d+1)+k$ assim $(c_{d+1} - c_d)\log_{10}(d+1) = \log_{10}(d+1) - \log_{10}d$, então $c_{d+1} - c_d = A\ [\log_{10}(d+1) - \log_{10}d)]$, onde A é uma constante $1 / \log_{10}r$ que não depende de k. Além disso, o tempo que a curva leva para subir de a partir de 10^k para $10^{k\ 1}$ é exatamente $c_{10} - c_1 = A\ [\log_{10}(10) - \log_{10}1)]=A$. Simplificando, neste intervalo de tempo, a fração de tempo que o primeira dígito de ar^t é d é:

$$\log_{10}(d+1) - \log_{10}d = \log_{10}\left(\frac{d+1}{d}\right) \qquad (7)$$

Além disso, esta observação aplica-se a todos os intervalos de tempo tais como $[10^k; 10^{k+1})$, k = 0, 1, 2; :::. Os números na equação acima são os números que surgem na lei de Benford.

1.5.3 Histórico Resumido do Desenvolvimento da Teoria.

Conforme Nigrini (2000), nos anos 40 Goudsmit e Furry (1944) e Furry e Hurwitz (1945) publicaram os primeiros artigos sobre a Lei de Benford. O artigo de Furry e Hurwitz era uma discussão matemática das fórmulas de Benford. Stigler criou uma distribuição alternativa de dígitos numa lista de números. Este artigo nunca foi publicado e foi criticado posteriormente por Raimi (1976).

Ainda de acordo com Nigrini (2000), o mais significativo avanço no estudo da Lei de Benford nos anos 60 foi a proposta de Pinkham (1961): "...se realmente existe alguma lei que rege as distribuições digitais, então esta lei deve ser independente da escala...". Significa dizer que independente da escala utilizada, a lei se aplica. Pinkham (1961) provou que somente frequências da Lei de Benford são invariantes após a multiplicação por uma constante. Nigrini (2000) em suas pesquisas mostrou que quanto mais perto da conformidade com a lei de Benford antes da multiplicação, então será mais perto da conformidade após multiplicação. Good (1965) observou que certas tabelas de números aleatórios tinha sido formada por meio da escolha de dígitos das áreas de paróquias inglesas. Good (1965) afirmou que isso não iria produzir tabelas de números aleatórios, porque sob a lei de Benford não são. Além disso todos os dígitos são igualmente prováveis, e gerariam uma tabela tendenciosa.

Nigrini (2000) afirmou que Feller (1966) provou que uma distribuição empírica de qualquer número inteiro aparecendo como um primeiro dígito em dados observacionais está em conformidade com a lei de Benford e que Flehinger (1966) também provou a validade da lei através do uso de um método não bem aceito por matemáticos. Adhikari e Sarkar (1968) criaram alguns teoremas relacionados a números uniformemente distribuídos no intervalo de 0 a 1 que após algumas operações matemáticas obedeciam a Lei de Benford.

Raimi (1969) forneceu suporte matemático para a Lei de Benford e forneceu uma excelente revisão não matemática para a Lei de Benford com algumas explicações intuitivas do que depois veio a ser chamado "o fenômeno do primeiro dígito".

Nos anos 70, de acordo com Nigrini (2000), Hamming (1970) apresentou casos práticos de aplicação da Lei de Benford em projetos de computador e análise de erros de arredondamento. Diversos outros artigos também fizeram correlação entre sequência de Fibonnacci e a Lei de Benford, entre dados demográficos e previsões além de erros de arredondamento de computador. Entre os autores ele cita Tsao (1974) e Varian (1972). Conforme Nigrini (2000) a melhor revisão da literatura foi a de Raimi (1976) apresentando diversas percepções interessantes sobre a Lei de Benford, assim como Goudsmit (1977) sobre a disseminação da teoria. Lembrem-se que nesses anos máquinas copiadoras eram incipientes e não existia serviços de internet. Para ler um artigo era necessário tê-lo em mãos.

Na década de 80, conforme Nigrini (2000), diversas outras aplicações foram surgindo para a Lei de Benford, entre elas:

- Checagem rápida de listas de taxas de erros ou tempo médio até a falha para encontrar erros sistemáticos – Becker (1982);
- Utilização da Lei para descobrir a perda média máxima na precisão que poderiam surgir por causa de arredondamentos – Nelson (1984);
- Identificar possível tendência de manipulação de números para cima quando próximos de algums limites psicológicos - Carslaw (1988);

Goudsmit criticou a utilidade da Lei de Benford numa carta publicada por Raimi (1985): "... para o físico Simon Newcomb a explicação sobre o fenômeno do primeiro dígito é mais do que suficiente para todos os propósitos práticos. É claro que a expressão para todos os propósitos práticos não tem nenhum significado. Não existe nenhum propósito prático, a menos que se considere apostar dinheiro em freuqências do primeiro dígito com colegas crédulos seja um uso prático"(tradução livre) (Goudsmit apud Raimi 1985, 218). Finalmente, Hill (1988) apresentou evidências práticas que o ser humano quando instado a inventar números, os mesmos não serão conforme a Lei de Benford.

Nigrini (2000) relata que na década de 90 houveram avanços na teoria de Benford, assim como diversas pesquisas na utilização de Benford na Auditoria. Ele cita alguns estudos e seu autores como:

- Frequência de dígitos de constantes físicas – Burke e Kincanon (1991);

- Análise de dados de contribuintes para detecção de evasão fiscal – Christian e Gupta (1993);
- Utilização de Benford para detecção de Fraude – Nigrini (1994);
- A relação entre a Lei de Benford e o Teorema do Limite Central – Boyle (1994);
- Demonstração que a Lei de Benford é a Distribuição de todas as Distribuições – Hill (1996);
- Desenvolvimento do Modelo do Fator de Distorção – Nigrini (1996);
- Proposta dos 5 testes digitais para Auditores Internos e Externos – Nigrini e Mittermaier (1997).

1.5.4 Recentes aplicações da Lei de Benford

Nigrini e Drake (2000) apresentam um caso para possível utilização e ensino da Lei de Benford e da Análise Digital. O estudo sugere um procedimento analítico e uma ferramenta de detecção de fraudes. Ele nomeia o procedimento de Análise Digital que é a análise de dígitos e padrões de um número, no conjunto de dados. As frequências observadas dos dígitos em um conjunto de dados são comparadas com as freqüências esperadas de acordo com a Lei de Benford. Pequenas diferenças entre o observado e esperado sugerem que os dados passaram por um teste de razoabilidade, caso contrário sinalizam uma possível fraude. Depois de descrever Lei de Benford e o testes básicos da Análise Digital, o caso exige que os alunos de auditoria analisassem os dados utilizando os testes de Análise Digital como um procedimento analítico em uma auditoria externa e que fizessem gráficos e relatório dos resultados de auditoria relacionados com suas conclusões.

Jolion (2001) mostrou no seu trabalho que a magnitude do gradiente de uma imagem obedece a Lei de Benford. Mostrou, de forma experimental, que isto também se aplica para o *Laplacian Pyramid code***.** Isso produz para o campo de entropia uma codificação base que tira proveito da informação a priori sobre a probabilidade de qualquer símbolo no sinal, detectando adulterações.

Nigrini e Miller (2007) analisaram as freqüências de dígitos de dois grandes conjuntos de dados relacionados a hidrologia de superfície e, posteriormente, comentaram sobre a

possível utilidade dos resultados para os pesquisadores que analisam dados geológicos. Os primeiros dados analisados foram as vazões médias anuais nos EUA durante um período prolongado de tempo (1874 a 2004). Este grande conjunto de dados de 457.440 (quatrocentos e cinquenta e sete mil e quatrocentos e quarenta) registros estavam em conformidade com a Lei de Benford. O segundo conjunto de dados analisados foi o referente as superfícies de lagos, rios e reservatórios globais com 248,613 (duzentos e quarenta e oito mil e seiscentos e treze) registros. Neste caso, os perímetros dos corpos d'água e as áreas dos lagos não tinham conformidade a Lei de Benford. Entretanto o padrão sistemático dos dígitos indicavam que os números foram distribuídos de acordo com uma lei de potência. Neste trabalho, Nigrini e Miller (2007), demonstraram que, sob certas circunstâncias, tanto para o expoente da lei de potência e do intervalo dos dados, existia uma conformidade estreita com a Lei de Benford. Em outras circunstâncias o ajuste seria fraco. Eles fizeram várias orientações para futuras pesquisas sobre a relação entre os dados em conformidade com uma lei de potência e os padrões esperados dos dígitos para esses dados. Nigrini e Miller (2007), concluiram que os dados hidrológicos devem obedecer a Lei de Benford. A possível não conformidade poderia ser um indicador de: um conjunto de dados incompletos, arredondamento excessivo dos dados, erros de dados ou aderência dos dados a uma lei de potência com um alto valor para o expoente. De acordo com Nigrini e Miller (2007), existe muita importância nos dados de fluxo para a previsão de inundações, construção de pontes, e a preservação de espécies ameaçadas de extinção. O uso da Lei de Benford pode servir como um controle de qualidade para o subconjuntos dos dados. Além disso, afirmaram que lagos são componentes essenciais do ciclo hidrológico, com influências sobre muitos aspectos da ecologia, economia e bem-estar social.

Alves e Lyra (2008) descreveram uma possível utilização da Lei de Benford numa atividade extracurricular na qual a lei dos primeiros dígitos é introduzida a estudantes através do estudo de manchas solares. Informam ainda que a Lei de Benford é contra-intuitiva e é um ótimo exemplo de como a matemática aplicada ao estudo de fenômenos naturais pode fornecer resultados surpreendentes e inesperados, servindo também como um agente motivador no ensino de ciências e matemática. Eles concluíram ainda que outro fator positivo resultou deste estudo, visto que os resultados de certa forma não foram conclusivos, o que fomentou discussão da possibilidade de aplicação da Lei.

Günnel and Tödter (2008) investigaram a aplicabilidade da lei de Benford nas pesquisas e previsões econômicas. Eles analisaram as ocorrências do primeiro e do segundo dígitos dos coeficientes de regressão e dos erros padrão em quatro volumes da *Empirica* e em um volume de *Applied Economic Letters*, com aproximadamente 30.000 (trinta mil) observações. Além disso, aplicou-se uma aproximação da distribuição de Benford para o segundo dígito do valor estimado do crescimento do PIB e taxa de inflação medida pelo IPC, na Alemanha, investigado em 16 (dezesseis) volumes da *Consensus Forecasts*, com cerca de 18.000 (dezoito mil) observações. As principais conclusões dos autores foram: os coeficientes de regressão publicados estão amplamente em conformidade com a lei de Benford. No entanto, ocorreram algumas divergências com os primeiros dígitos, mas nenhuma com os dígitos de maior ordem. Os resultados da conformidade para o erro padrão, em geral poderiam ser aceitos, mas não foram tão robustos, possivelmente devido às limitações dos dados disponíveis. De acordo com os resultados encontrados por Günnel and Tödter (2008), a lei de Benford pode servir como uma ferramenta para avaliar a confiabilidade dos resultados das pesquisas econométricas. Além disso sugerem que o teste para detecção de possível manipulação de dados deve ser focado no primeiro dígito.

Günnel and Tödter (2008) concluiram que a detecção de desvios da lei de Benford nos artigos individuais requerem taxas relativamente elevadas de manipulação para níveis de significância convencionais. O risco de negligenciar artigos duvidosos poderia ser reduzida através do aumento do nível de significância dos testes. Além disso, seria desejável que os editores de revistas solicitassem que os autores informassem os resultados de regressão com pelo menos três dígitos significativos e que fornecessem os erros padrão e t-valores. Em nítido contraste com a análise dos coeficientes de regressão, os segundos dígitos de previsões de crescimento econômico e de inflação exibiram um grande excesso de zeros e cincos como o primeiro dígito após o ponto decimal. Embora os resultados variassem ligeiramente entre analistas diferentes, eles eram muito robustos. Eles detectaram que aproximadamente 30% (trinta por cento) das previsões pareciam estar arredondadas em meio ponto percentual, resultando em perdas de informação potencialmente graves e, conseqüentemente uma distorção das previsões médias das taxas de crescimento real e taxas de inflação. Conforme Günnel and Tödter (2008), a Lei de Benford é uma ferramenta simples, objetiva e eficaz para a detecção de anomalias em grandes conjuntos de dados que mereceriam um exame mais atento.

Corrar, Santos e Diniz (2005, 2009) apresentaram a importância da utilização dos métodos quantitativos nas diversas áreas de atuação, em especial, na auditoria pública digital. Fizeram uma análise de congruência entre o modelo apresentado por Santos e Diniz (2003), com base na Lei de Benford e os resultados reais ocorridos na análise da prestação de contas municipal. Os procedimentos utilizados na mensuração da correlação apontam para uma congruência, considerada significante em termos das Ciências Sociais Aplicadas, porquanto em 66% dos casos o modelo apresentou sucesso quanto à quantidade de irregularidades apresentadas pelos auditores do TCE. É de relevo destacar que nem toda irregularidade apresentada pela Auditoria técnica é passível de rejeição das contas apreciadas, por outro lado, os julgamentos das Cortes de Contas levam em consideração alguns aspectos políticos sociais e econômicos nas suas decisões. Constataram que a metodologia cientifica utilizada se apresentou preditiva, pois os municípios que apresentaram maiores valores para o Teste $\chi 2$ tiveram um maior número de irregularidades e suas contas foram rejeitadas.

Santos et. al (2009) analisaram a aplicabilidade da Lei de Benford na fiscalização do ISS de um município de forma a ser utilizada como instrumento na auditoria digital. O objetivo principal era aperfeiçoar a gestão tributária através de uma fiscalização mais efetiva. Seus resultados evidenciaram a aplicabilidade do modelo baseado na Lei de Benford para o processo de auditoria tributária do ISS, pois esses sinalizaram os possíveis desvios com a emissão e escrituração das notas fiscais emitidas por empresa de publicidade. Estes desvios foram confirmados posteriormente através da fiscalização *in loco.* Ele ressalta também que após a correção dos dados desviados, a divergência entre os valores esperados e observados foram reduzidas, comprovando a aderência da aplicabilidade da Lei de Benford.

Hickman e Rice (2010) estudaram se as estatísticas de crimes praticados teriam conformidade com a Lei de Benford. Eles examinaram as estatísticas de crimes a nível nacional, estadual e local e verificaram a existência de conformidade. Quando os dados nacionais foram desagregados por tipo de delito foram encontrados diversos graus de conformidade, o que sugeririra um estudo mais aprofundado.

Balanzário e Ortiz (2010), apresentaram duas condições suficientes para uma variável aleatória absolutamente contínua obedecer a lei de Benford para a distribuição do primeiro dígito significativo. Estas duas condições sugeriram que não serão muitas vezes observadas em conjuntos diários de dados numéricos. Por outro lado, lembra que existiriam dois processos por meio dos quais uma variável aleatória poderia seguir a lei de Benford. O

primeiro deles é a multiplicação de variáveis aleatórias independentes e a segunda é a exponenciação de uma variável aleatória por uma potência. Chegaram a estas conclusões através do uso da fórmula da Soma de Poisson da análise de Fourier. Finalizaram o estudo com a informação que, assim como o teorema do limite central, a lei de Benford tem uma natureza assintótica.

Campanario e Coslado (2011) estudaram o número de artigos publicados e citações recebidas e os fatores de impacto em todos as revistas científicas indexadas no *Science Citation Index*, no período de 1998 a 2007. Eles usaram os dados publicados no banco de dados JCR e que estavam disponíveis para as universidades espanholas. Os resultados mostraram que os dados possuiam conformidade com a Lei de Benford. Os dados de citações seguiam fielmente Benford, enquanto os dados sobre o número de artigos, as diferenças entre os valores previstos por Lei de Benford e os valores observados foram sempre estatisticamente significativos. Este foi também o caso para a maioria dos dados dos fatores de impacto. Campanario e Coslado (2011) não encontraram nenhuma explicação para essas diferenças.

1.5.5 Aspectos de Conformidade do Conjunto de Dados com a Lei de Benford

A regra matemática geral para a conformidade de um conjunto de dados com a Lei de Benford é que o conjunto de dados classificados do menor para o maior deverá ser, aproximadamente, uma sequencia geométrica. Segundo Nigrini (2000), na prática, o conjunto de dados deve, aproximadamente, ter o formato da sequencia geométrica para seguir a Lei. O conjunto de dados deve seguir os seguintes critérios para ter conformidade com a Lei de Benford:

- O conjunto de dados deverá descrever itens similares, como por exemplo, o valor de mercado de companhias listadas na BOVESPA.
- Não deverá embutir nenhum valor máximo ou mínimo padrão – a exceção do valor mínimo zero – como, por exemplo, uma taxa mínima para concessão de crédito cobrada do tomador.

- O Conjunto de dados não deverá ser composto por valores não aleatórios como, por exemplo, número de contas de bancos, número de telefones, etc.
- Os dados deverão ter mais números pequenos do que grandes decorrentes do fato que, em dados aleatórios, existem quantitativamente, por exemplo, mais companhias pequenas do que grandes corporações.
- O Conjunto de dados deve ser composto de diversos elementos, quanto mais, maior a probabilidade de respeitarem a Lei de Benford.

Deve-se ter em mente que existe a possibilidade de ocorrência do erro tipo I na análise do conjunto de dados. Erro "tipo I" é o erro de se rejeitar a hipótese nula; o que significa dizer que os dígitos não estão se comportando em conformidade com a Lei de Benford, mas que na verdade não está ocorrendo nenhuma fraude ou manipulação – Alarme Falso. Segundo Cleary e Thibodeau (2004), a possibilidade de ocorrência de erro tipo I numa análise digital baseada no teste por dígito é muito maior do que a baseada em um teste global.

Pesquisas também mostram que os números no conjunto de dados devem ter mais de 4 dígitos para uma melhor conformidade com a Lei de Benford. Se os números de dígitos forem menores do que 4, ocorrerá uma leve tendência para os dígitos de mais baixos valores. A menos que estejamos trabalhando somente com números de um ou dois dígitos, essa tendência pode ser desprezada.

Outro ponto a se destacar é o Teorema da Invariância de Escala desenvolvido por Pinkham (1961), que estabelece que se um conjunto de dados que segue a Lei de Benford é multiplicado por uma constante não nula, o conjunto de dados resultantes também seguirá a Lei de Benford. Pinkham (1961) também mostrou que somente as frequências da Lei de Benford têm esta propriedade. Apesar de ter sido importante para o estabelecimento da Lei de Benford, esse teorema trouxe um ponto importante a ser lembrado pelos auditores. Se todo o conjunto de dados for manipulado através da multiplicação dos valores reais por uma constante, o conjunto de dados resultante, que é manipulado, estará conforme a Lei de Benford. Da mesma forma, se adicionar ou subtrair uma constante do conjunto de dados, poder-se-ia ou não detectar esta variação através da Lei de Benford.

1.6 Fraude

Alguns sinônimos de fraude são burla, dolo, intrujice, logro, ludíbrio, trampolinice, trapaça, tratantada e tratantice. Significa todo artifício empregado com o fim de enganar uma pessoa e causar-lhe prejuízo. A fraude traduz a intenção de procurar uma vantagem indevida, patrimonial ou não (DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS, 2011). No Código Penal Brasileiro ela se apresenta como elemento típico do estelionato, que por sua vez significa "obter, para si ou para outrem, vantagem ilícita, em prejuízo alheio, induzindo ou mantendo alguém em erro, mediante artifício, ardil, ou qualquer outro meio fraudulento" (Art. 171 do Código Penal Brasileiro).

Exemplos de Fraudes na Área Contábil são:

- Superfaturamentos ou Subfaturamentos;
- Lançamentos de Pagamentos indevidos ou fictícios;
- Reembolsos irregulares;
- Desvios de ativos da empresa;
- Operações Financeiras Irregulares;
- Descontos excessivos ou indevidos a cliente;
- Vendas sem Emissão de documento fiscal;
- Ganho de comissões em troca de vantagens junto à empresa;
- Desvio de clientes ou negócios da empresa para outra entidade;
- Aplicação de praticas contábeis indevidas;
- Concessões e benefícios em favor de terceiros com conflito de interesses e etc.

Podemos dizer que a principal diferença entre fraude e erro é a intenção dolosa que só existe no primeiro. A Interpretação Técnica (IT) 3 – Fraude e Erro, que explicita o item 11.1.4 da NBC T 11 – *Normas de Auditoria Independente das Demonstrações Contábeis*, conceitua o termo fraude como "o ato intencional de omissão ou manipulação de transações, adulteração de documentos, registros e demonstrações contábeis". No relatório da pesquisa "Fraude e Corrupção no Brasil - A perspectiva do setor privado, 2003" feita pela ONG Transparência Brasil em conjunto com a Kroll The Risk Consulting Company, define fraude como o

processo de enriquecimento por infringir leis públicas ou privadas sem que a vítima esteja consciente. A fraude é necessariamente cometida por um cidadão ou cidadãos. Na fraude, as condições que a desencadearam podem ser complexas, mas de forma geral é possível detectar sua existência.

1.6.1 Impacto Econômico

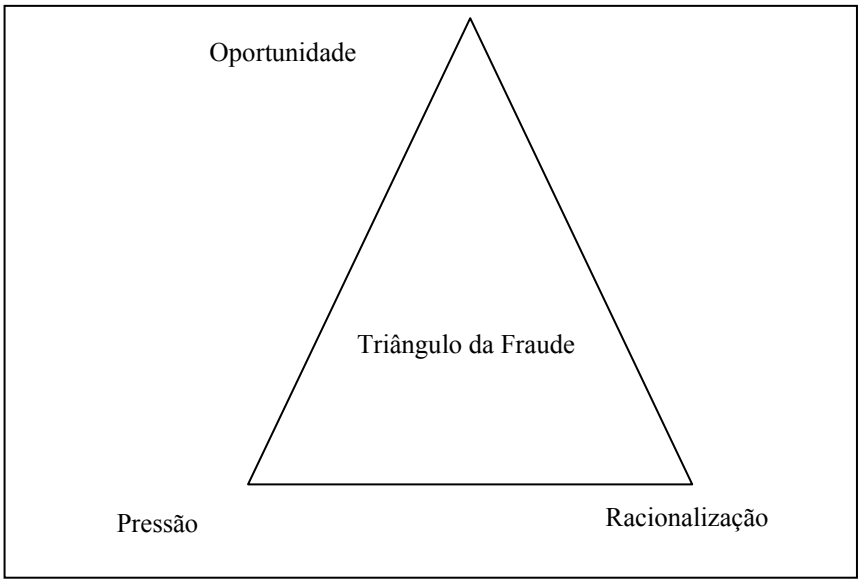
Para que possamos avaliar a importância de um estudo mais detalhado sobre a ocorrência de fraudes, cabe informar que o relatório *Report to the Nation on Occupational Fraud and Abuse* (2010), um estudo preparado pela *ACFE – Association of Certified Fraud Examiners* apurou que uma companhia típica perde por volta de 5% do seu faturamento bruto, em diversas formas de fraude. Este percentual, aplicado no valor estimado do Produto Mundial Bruto estimado para 2009, aponta valores de perda com fraudes da ordem de US$ 2,9 trilhões. Uma pesquisa da KPMG - *KPMG's Fraud Survey* - 2003, mostra que a maioria das fraudes contábeis ocorre no grupo de relatórios financeiros fraudulentos, categoria que engloba reconhecimento indevido de receitas, omissões inadequadas ou transparência inapropriada, fraude na receita de ativos, omissão de exigibilidades e de despesas, etc.

Pelo montante dos valores envolvidos verifica-se que essa categoria de fraude normalmente é cometida pelos dirigentes da empresa. Segundo Tipgos (2002), a fraude dos dirigentes é impossível de ser interrompida, pois nenhum controle, seja no passado ou no presente, tem capacidade para controlar completamente as ações dos dirigentes. Desde o relatório da *National Commission on Fraudulent Financial Reporting*, da *Treadway Comission* (1987), fraude passou a ter importância para o profissional de auditoria. Diversos Padrões de Auditoria passaram a considerar a fraude também como responsabilidade do auditor. A SAS 99 – *Statement on Auditing Standards*, de 1999, "*Consideration of Fraud in a Financial Audit*", – exige do auditor a identificação de riscos que possam levar a erros materiais oriundos de fraude; avaliação dos riscos de fraude, identificados após a análise dos programas e controles da organização e alteração dos seus procedimentos de auditoria baseado nos resultados da avaliação.

No Brasil a Resolução CFC N° 836/99 aprovou a Interpretação Técnica (IT) 3 – Fraude e Erro, que explicita o item 11.1.4 da NBC T 11 – *Normas de Auditoria Independente das Demonstrações Contábeis*, proporcionando esclarecimentos adicionais sobre a responsabilidade do auditor nas fraudes e erros, nos trabalhos de auditoria. Ela não coloca como responsabilidade do Auditor a detecção e prevenção de fraudes, entretanto enfatiza a necessidade de planejar o trabalho de auditoria avaliando o risco de sua ocorrência, principalmente se elas influenciarem as demonstrações contábeis. Outro ponto relevante é a necessidade de questionar a Administração sobre fraudes detectadas e sugerir medidas corretivas.

O conceito mais geral de fraude é: "o ato intencional cometido para garantir ganhos ilegais ou injustos" (*PriceWatherHouseCooper*, 2003). Esta afirmativa nos leva a pensar porque empregados e empregadores cometem fraude? Respostas para esta indagação podem ser enquadradas no conceito de "Triângulo da Fraude", conforme a figura 1. Nela, os vértices do triângulo identificam os motivos que levam a ocorrência da fraude. São eles *Oportunidade*, *Pressão*, e *Racionalização*.

Figura 1 – Triângulo da Fraude



Fonte: Wells, 2001

A *Oportunidade* está relacionada com a facilidade percebida pelo ser humano em cometer a fraude e não ser penalizado pelo ato. Uma forma de dificultar a fraude seria manter fortes controles internos. Uma organização com controles internos fortes estará menos sujeita à ocorrência de fraudes do que outras com menor controle. Temos que considerar que os

controles são desenhados de forma a garantir razoável segurança, além de serem poucos, os controles não são imunes a pessoas com suficiente motivação.

A *Pressão*, Interna ou Externa, está relacionada a fatores que forçariam o ser humano a cometer atos fraudulentos. Poderiam ser pressões financeiras pessoais, vícios, como jogos, drogas, etc, estilo de vida inadequado para a capacidade financeira, crescente pressão para atingir metas na empresa, etc.

A *Racionalização* relaciona-se à justificação que o fraudador faz para conscientizar-se que seu ato não é moral e eticamente ilegal. Por exemplo, empregados e executivos que se sentiram tratados de forma injusta, algumas vezes, acreditam que podem obter a compensação pelas injustiças que sofreram, através de atos fraudulentos contra a organização.

1.7 Análise Digital

Segundo Gordon e Colin (2004) uma forma geral de aplicar a análise digital usando a Lei de Benford em faturas, é seguindo os seguintes passos:

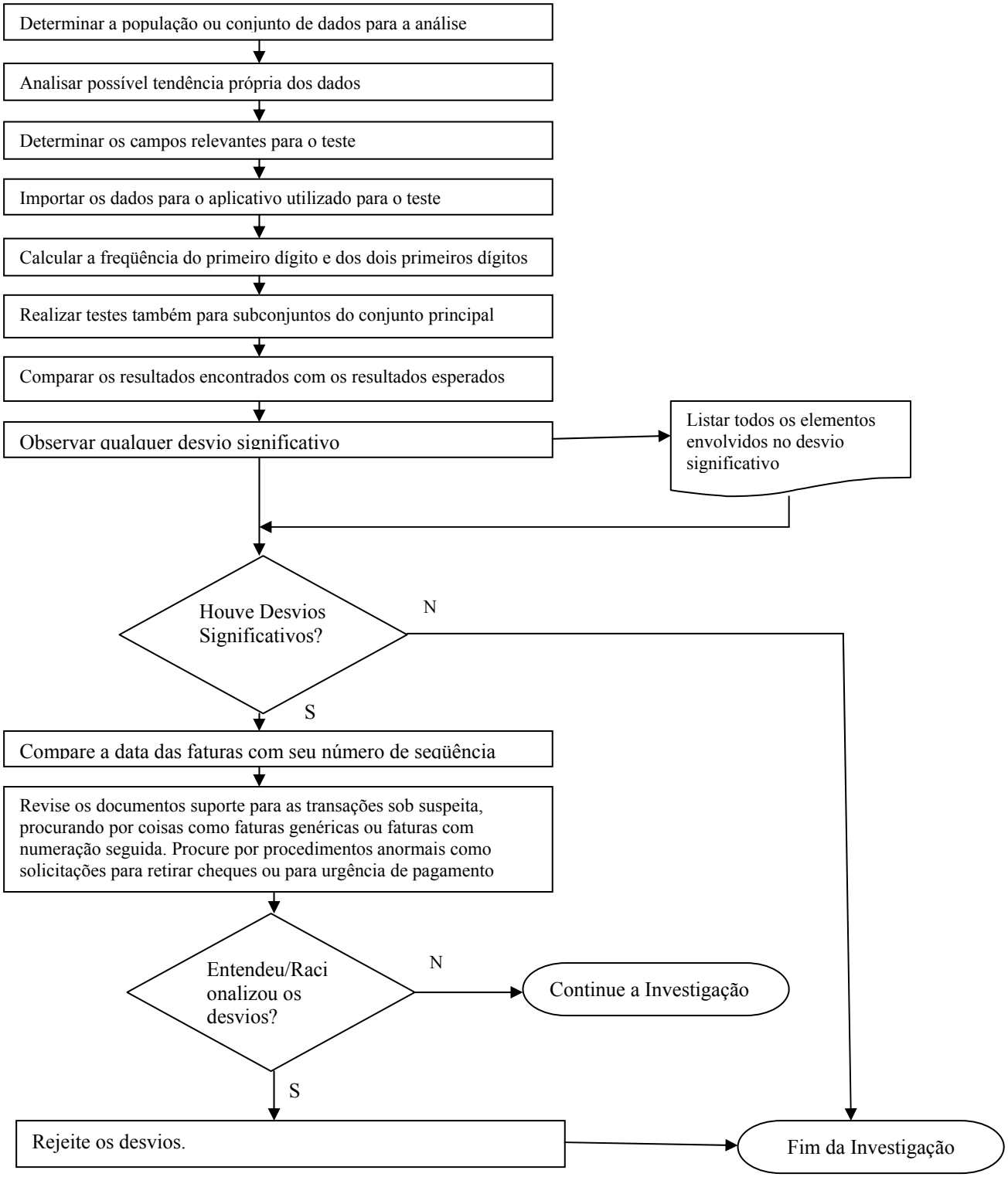
1. Determinar a população ou conjunto de dados para a análise;
2. Analisar possível tendência própria dos dados;
3. Determinar os campos relevantes para o acompanhamento de qualquer anomalia;
4. Importar os dados para o aplicativo utilizado para o teste;
5. Calcular a frequência do primeiro dígito e dos dois primeiros dígitos;
6. Realizar testes também para subconjuntos do conjunto principal;
7. Comparar os resultados encontrados com os resultados esperados;
8. Observar qualquer desvio significativo;
9. Listar todos os elementos envolvidos no desvio significativo;
10. Comparar a data das faturas com seu número de sequencia;
11. Revisar os documentos suporte para as transações sob suspeita, procurando por coisas como faturas genéricas ou faturas com numeração seguida.

Procurar por procedimentos anormais como solicitações para retirar cheques ou para urgência de pagamento;

12. Entender e racionalizar as razões para os desvios antes de rejeitá-los;
13. Se qualquer descoberta levantar suspeitas, começar uma investigação mais detalhada na empresa.

O diagrama de fluxo dos passos a serem seguidos, apresentados anteriormente, encontra-se na figura 2. Este fluxograma pode ser adaptado e apresentado como um modelo para utilização de teste da Lei de Benford para outros documentos e não somente para faturas.

Figura 2 - Modelo de Fluxograma para utilização da Lei de Benford numa Análise Digital



Fonte: Gordon e Colin, 2004

Nigrini (2000) sugere a utilização de 5 Principais Testes Digitais que determinam a frequência relativa do primeiro dígitos, do segundo dígito, dos primeiros dois dígitos, dos primeiros três dígitos e dos dois últimos dígitos. Os testes devem ser aplicados na ordem apresentada. Os dois primeiros são utilizados para testes de razoabilidade, os próximos dois são utilizados para selecionar os alvos de auditoria e o último para detectar arredondamentos ou invenção de números.

Como primeira análise digital, Nigrini (2000) sugere iniciar com a tarefa de compilação da estatística descritiva dos dados a serem avaliados. Pode-se usar a média, valor mínimo e máximo, mediana, segundo maior e menor, desvio padrão, erro padrão, Curtose, Soma, inclinação, etc. Esta compilação serve para conhecer um pouco mais dos dados que serão analisados e também facilitar uma revisão analítica com informações das análises anteriores.

O primeiro teste digital a ser executado é o do primeiro dígito que dá uma visão geral. Este teste não deve ser utilizado para seleção para acompanhamento de alvos de auditoria, a menos que o resultado seja muito expressivo. Após o cálculo das frequências observadas, a comparação com as frequências esperadas é feita com a utilização do teste Z para que possa se analisar o nível de significância dos desvios encontrados.

A medida estatística Z é calculada como informado a seguir:

$$Z = \frac{|p_o - p_e| - (1/2n)}{\sigma} \qquad (8)$$

onde

$$\sigma = \sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{n}} \qquad (9)$$

Tem-se P_e como a probabilidade esperada, P_o como a probabilidade observada, n o número de observações e $(1/2n)$ a correção de continuidade. A correção de continuidade só é utilizada quando este fator é menor do que o outro termo do numerador. Quando o Z calculado excede 1,96 isso significa que o desvio é significante ao nível de 5%. Como o Z é calculado separadamente para cada um dos 9 dígitos, a probabilidade de pelo menos um dos

dígitos apresentar um *Z* maior do que 1,96 é de 37% - $1-(0{,}95)^9$. O cálculo não é exato porque assume que cada um dos nove testes é independente dos outros.

Estes desvios são tipicamente aleatórios e sem nenhuma significância prática para a auditoria. Nigrini (2000, p.42) se questiona qual seria a utilidade do teste: ”Como saberíamos o que é desvio real e o que seria somente ruído randômico?” (tradução livre). Nigrini (2000) sugere duas ações para esta questão. A primeira seria verificar se os dados não estão em conformidade com a Lei de Benford. Se for isto, vários dígitos estarão com o *Z* maior do que 1,96. Neste caso, os dados são fraudulentos, foram extraídos erroneamente, sofrem do problema de pequeno subconjunto ou apesar de acreditarmos no inverso, a Lei de Benford não se aplica ao conjunto dos dados. A segunda ação seria verificar se o teste *Z* é só mais um indício entre tantos outros e devemos nos aprofundar em outros testes mais relevantes.

Outro teste estatístico que deve ser aplicado é o teste qui-quadrado. Este teste é aplicado quando não se conhece a distribuição da população ou se um grupo de valores segue um determinado modelo de probabilidade teórico. É o teste de aderência ou qualidade de ajustamento. Este teste é recomendado por Cleary and Thibodeau (2004) para diminuir a probabilidade de ocorrência do erro tipo I.

A fórmula do teste qui-quadrado é:

$$\chi^2 = \sum_{d_1=1}^{9} (p_o - p_e)^2 / p_e \qquad (10)$$

onde p_e é a probabilidade esperada, p_o é a probabilidade observada e o somatório é de 1 a 9 relacionado com o número de possibilidades de dígitos.

O valor total encontrado deverá ser comparado com um valor de corte. Este valor de corte pode ser obtido em livros de estatísticas ou através da função INV.QUI (probabilidade; grau de liberdade) do Microsoft® Excel 2007. Para o nível de significância de 5% e grau de liberdade 8 – 9 possibilidades de dígito menos 1 – o valor de corte obtido é 15,507. No caso do valor encontrado para o qui-quadrado for abaixo do valor de corte, pode-se afirmar que não existe evidência suficiente para rejeitar a hipótese nula. Neste caso, a hipótese nula é de que as duas distribuições – a observada e a da Benford – são iguais. Nigrini (2000) observa que o valor do qui-quadrado, para um grande conjunto de dados, usualmente ultrapassa o valor de corte, levando a conclusão de não conformidade, por este motivo deve-se ter um cuidado maior com este teste.

O teste de Kolmogorov-Smirnoff também apresenta o problema de quanto maior for o conjunto de dados utilizado, menor será a tolerância para a diferença entre as funções densidade cumulativa esperada e observada. Nigrini (2000) sugere a utilização do Desvio Médio Absoluto que não é afetado por grandes conjuntos de dados. O desvio é calculado pela diferença entre a frequência observada e a esperada. Os valores do Desvio Médio Absoluto que devem ser analisados para o teste do primeiro dígito e do segundo dígito conforme a Tabela 6 a seguir, baseada na experiência de Nigrini (2000):

Tabela 6 -Padrão para não conformidade com a Lei de Benford

Desvio Médio Absoluto	**Teste Primeiro Dígito**	**Teste Segundo Dígito**
0,000 até 0,004	Conformidade OK	Conformidade OK
0,004 até 0,008	Conformidade Aceitável	Conformidade OK
0,008 até 0,012	Conformidade Aceitável Marginal	Conformidade Aceitável
0,012 ou 0,016	Não Conformidade	Conformidade Aceitável Marginal
0,0016 ou maior	Não Conformidade	Não Conformidade

Fonte: Nigrini, 2000

O segundo teste digital a ser executado é o do segundo dígito que, da mesma forma que o primeiro, só dá uma visão geral da razoabilidade dos dados. Este também não serve para selecionar alvos de auditoria. Entretanto pode ser utilizado para determinar possíveis arredondamentos nos dados analisados.

O próximo teste digital é o dos dois primeiros dígitos (F_2D). Este teste é mais focado do que os dois primeiros testes e deve ser utilizado para selecionar possíveis alvos de auditoria. Utilizando a fórmula já apresentada anteriormente para calcular a frequência esperada para os dois primeiros dígitos, obtemos a tabela 6 com a frequência esperada para as diversas combinações dos dois primeiros dígitos de um número.

Tabela 7 - Freqüência Esperada para dois primeiros dígitos, conforme lei de Benford

d1d2	Freqüência	d1d2	Freqüência	d1d2	Freqüência	d1d2	Freqüência
10	0,041392685	33	0,012964977	56	0,007686829	79	0,005462896
11	0,037788561	34	0,012589127	57	0,007553138	80	0,005395032
12	0,034762106	35	0,012234456	58	0,007424018	81	0,005328834
13	0,032184683	36	0,011899223	59	0,007299239	82	0,00526424
14	0,029963223	37	0,011581873	60	0,007178585	83	0,005201194
15	0,028028724	38	0,01128101	61	0,007061854	84	0,00513964
16	0,026328939	39	0,010995384	62	0,00694886	85	0,005079526
17	0,024823584	40	0,010723865	63	0,006839425	86	0,005020801
18	0,023481096	41	0,010465434	64	0,006733383	87	0,00496342
19	0,022276395	42	0,010219165	65	0,006630579	88	0,004907334
20	0,021189299	43	0,009984221	66	0,006530867	89	0,004852503
21	0,020203386	44	0,009759837	67	0,00643411	90	0,004798883
22	0,019305155	45	0,009545318	68	0,006340178	91	0,004746435
23	0,018483406	46	0,009340026	69	0,006248949	92	0,004695121
24	0,017728767	47	0,009143379	70	0,006160309	93	0,004644905
25	0,017033339	48	0,008954843	71	0,006074148	94	0,004595752
26	0,016390416	49	0,008773924	72	0,005990364	95	0,004547628
27	0,015794267	50	0,008600172	73	0,00590886	96	0,004500501
28	0,015239967	51	0,008433168	74	0,005829544	97	0,004454341
29	0,014723257	52	0,008272526	75	0,005752329	98	0,004409119
30	0,014240439	53	0,00811789	76	0,005677133	99	0,004364805
31	0,013788284	54	0,00796893	77	0,005603878		
32	0,013363962	55	0,007825338	78	0,005532489		

Fonte: Nigrini, 2000

Neste teste consegue-se selecionar focos de auditoria através da análise dos possíveis desvios apresentados na comparação entre valores observados e esperados de frequência para os dois primeiros dígitos. Conforme Nigrini (2000) sugeriu, possíveis picos de frequência, no contexto de auditoria, sinalizam excessivas duplicações. Deve-se ter em mente que podem ocorrer também neste caso, alguns desvios aleatórios.

A seguir aplicar-se-ia o teste digital dos três primeiros dígitos (F_3D). Neste caso, existem 900 (novecentas) possibilidades de combinações entre os dígitos, desde 100 até 999. Deve–se observar que quando o número tem menos de 3 dígitos, é necessário incluir zeros até se atingir o número mínimo exigido. Isto se aplica porque um número, como por exemplo, 34 poderia ser escrito como 34,0000. Nigrini (2000) afirma que este teste é altamente focado e mostra ao auditor provas simples. Se o teste anterior apontar para possíveis anormalidades numa determinada combinação de dígitos, este teste permite detalhar mais especificamente os dados que devem ser analisados. Deve-se observar também que o conjunto de dados deve ser grande o bastante para responder a Lei de Benford.

O último dos 5 principais testes digitais, conforme Nigrini (2000), refere-se ao teste dos dois últimos dígitos. Este teste permite ao auditor detectar números inventados ou arredondados. No contexto da auditoria, desvios positivos sinalizam excessiva duplicação.

1.8 Eleições e Lei de Benford

Apesar do avanço tecnológico, a segurança das eleições não é 100% perfeita. Por este motivo ela é útil para investigar métodos de detecção de fraudes. Conforme Mebane (2006), um método que teria muitas boas propriedades é do se testar os segundos dígitos da contagem de votos e verificar se ocorrem conforme as freqüências especificadas pela Lei de Benford. Ele ilustra a utilização do teste aplicando-o a nível de seção eleitoral em eleições americanas. Mebane (2006) observou que o teste não indicou problemas para Florida em 2000 e, para Ohio em 2004, sugeriu que teria havido problemas significativos no estado. De acordo com Mebane (2006), enquanto houver eleições, haverá escândalos eleitorais.

Debates sobre a precisão e segurança das tecnologias de votação começaram no século XIX e continuam até o presente (Saltman, 2006). Em 1934, Joseph Harris escreveu sobre um defeito primário de cédulas de papel: "A contagem de cédulas de papel, muitas vezes durando muito tempo durante a noite, e feito por pessoas cansadas e freqüentemente incompetentes, é altamente propício a ocorrência de erros e fraudes. Muitos funcionários eleitorais e homens na vida pública já perceberam os defeitos inerentes a este procedimento e procuraram remediá-lo" (Harris 1934, 261). Rubin (2006) comentou sobre a insegurança de um sistema totalmente eletrônico utilizado em Maryland: "Todos os ovtos do nosso distrito policial inteiro estavam lá na palma da minha mão. Eu poderia ter substituído os cinco cartões de memória por outros cinco falso do meu bolso, mudando todas as cédulas, porque Diebold não protegeu os dados com as metódos de de criptografia "(Rubin, 2006, p. 256). Conforme Pratchett (2002), não obstante os avanços tecnológicos recentes, ainda existem diversos questionamentos sobre a transparência do sistema eleitoral. Os Sistemas eletrônicos de votação são sistemas que estão atualmente em estudo e desenvolvimento em todo o mundo. Esses sistemas proporcionam um aumento das oportunidades de voto porque é possível ampliar o número de lugares onde é

possível exercer o direito de voto, redução de votos “nulos” não intencionais, maior rapidez e exatidão na contagem dos votos, etc.

As Principais Conclusões do O Comitê Multidisciplinar Independente (CMind) no seu 1º relatório sobre o Sistema Brasileiro de Votação Eletrônica - 2010 foram:

> - Há exagerada concentração de poderes no processo eleitoral brasileiro, resultando em comprometimento do Princípio da Publicidade e da soberania do eleitor em poder conhecer e avaliar, motu próprio, o destino do seu voto;
> - Desde 1996, no sistema eleitoral eletrônico brasileiro é impossível, para os representantes da Sociedade, auditar o resultado da apuração dos votos. Em outras palavras, caso ocorra uma infiltração criminosa determinada a fraudar as eleições, restou evidente que a fiscalização externa dos Partidos, da OAB e do MP, do modo como é permitida, será incapaz de detectá-la.
> - A impossibilidade de auditoria independente do resultado levou à rejeição de nossas urnas eletrônicas em todos os mais de 50 países que vieram conhecê-la.

E as Principais Recomendações foram*:*

> - Propiciar separação mais clara de responsabilidades nas tarefas de normatizar, administrar e auditar o processo eleitoral brasileiro, deixando à Justiça Eleitoral apenas a tarefa de julgar o contencioso.
> - Possibilitar uma auditoria dos resultados eleitorais de forma totalmente independente das pessoas envolvidas na sua administração.
> - Regulamentar mais detalhadamente o Princípio de Independência do Software em Sistemas Eleitorais, expresso no Art. 5 da Lei 12.034/09, definindo claramente as regras de auditoria com o Voto Impresso Conferível pelo Eleitor.

De acordo com Mebane(2006), o método ideal para análise eleitoral seria aquele que não dependeria nem de suposições especiais sobre as configurações políticas específicas que disputam a eleição, nem em qualquer teoria particular sobre como a eleição foi conduzida. Este método ideal também seria um que poderia ser aplicado de forma rotineira, talvez até mesmo automaticamente, sem a necessidade de perícia especial ou técnica sofisticada de julgamento. Tal método pode ser uma base para auditorias rotineiras de eleição. Mebane (2006) apresenta a Lei de Benford como um possível candidato a ser este método ideal.

Mebane (2006) estudou a Lei de Benford para o teste do segundo dígito para votos. Identificou alguns mecanismos flexíveis que poderiam caracterizar a contagem de votos e que satisfaziam a distribuição da Lei de Benford para o segundo dígito em uma ampla gama de circunstâncias. Demonstrou que o teste para o segundo dígito da Lei de Benford é sensível a muitos padrões de manipulação de escrutínio, incluindo padrões que ocorrem em alguns tipos de fraude eleitoral. Ele também concluiu que o teste não é adequado a nível de máquina

De acordo com Mebane (2006), o teste para o segundo dígito da Lei de Benford leva em conta apenas o voto, além de ser rápido de se calcular, mas, infelizmente, os resultados do teste não são um diagnóstico preciso: Mebane (2006) mostra que o teste pode ser acionado quando os votos não estão sendo todos manipulados, e, mesmo se a manipulação estiver ocorrendo, o teste não indica se a manipulação é devido a ações fraudulentas.

Enquanto o teste para o segundo dígito da Lei de Benford está longe de ser perfeito, também existem limites para os tipos de fraude que uma recontagem manual pode detectar. Harris (1934) discute diversos tipos de fraude, mas afirma que há uma distinção básica entre duas grandes classes. Uma classe de fraude envolve os votos sumidos e outra classe de fraude envolve a falsificação de cédulas: A rotina de recontagem pode descobrir uma fraude do primeiro tipo, mas não faria nada para revelar uma fraude do segundo tipo. Conforme Mebane (2006), o teste para o segundo dígito da Lei de Benford pode ser sensível a qualquer tipo de fraude. Um teste estatístico, como o teste para o segundo dígito da Lei de Benford, e um programa de recontagem manual podem agir conjuntamente para detectar fraudes sem serem redundantes. Esta capacidade de auxílio do teste para o segundo dígito da Lei de Benford para sinalizar fraudes que a recontagem não pode pegar é de longe um dos mais fortes argumentos a seu favor, principalmente hoje em dia, quando as urnas eletrônicas usadas não produzem uma trilha de auditoria confiável.

Se um software malicioso é instalado nas máquinas, como demonstrado por Feldman, Halderman, e Felten (2006), então todas as contagens de votos e todos os registros de comunicações electrônicas podem ser falsificados. Tal falsificação pode ser feita de várias maneiras que escapariam da detecção pelo teste para o segundo dígito da Lei de Benford. O argumento que Mebane (2006) utilizou para mostrar que as contagens resultantes da votação têm dígitos que seguem a Distribuição de Benford, sugere que, no momento imediatamente anterior à votação, a maioria dos eleitores olhará para cada opção na cédula de votação e selecionará essa opção ou não. Então, se por qualquer razão, seja uma confusão momentânea ou escolha aleatória, uma pequena proporção dos votos não serão lançados ou registrados corretamente. Esta pequena proporção serão erros. Outras variações encontradas nos votos em seções eleitorais diversas serão devidas a diferenças partidárias, classe econômica, etc. Se tais variações são combinadas com probabilidades de pequenos erros na escolha do voto, a contagem dos votos resultará num valor que , muitas vezes, seguiriam a Lei de Benford

Mebane (2006) apresentou simulações que ilustram que uma tal mistura de processos, onde o suporte para cada alternativa na cédula varia ao longo do ambiente de votação e onde há erros, pode produzir distribuições que seguem a Lei de Benford para o 2º dígito, mesmo quando o número de eleitores é constante. Mebane (2006) presumiu que uma grande variedade de combinações desses tipos de mecanismos pode produzir contagens que seguem a Lei de Benford para o 2º dígito . Estas combinações acabam por corresponder ao que acontece nas eleições reais.

Mebane (2006) mostrou que a adição e subtração de votos irá produzir um valor significativamente grande do teste qui-quadrado, no ambiente de votação quando o candidato já é forte. Numa cenário em que a linha de base do processo eleitoral não é corrompida, é de se esperar que produza um resultado amarrado. Se é aumentado o número de votos, através de manipulações, mesmo que em percentuais pequenos, há o desencadeamento de um resultado estatístico grande. Esta afirmação também é válida para adições e subtrações em ambientes eleitorais onde, antes da manipulação, o candidato está recebendo menos votos do que o esperado. Ele também concluiu que o teste é para o segundo dígito da Lei de Benford não é sensível a manipulações que envolvam adição ou subtração de votos de um número moderado de seções selecionadas completamente ao acaso. Por outro lado, o teste seria aplicável, se de alguma forma todos os votos foram substituídos com contagens geradas usando um processo simples aleatório como, por exemplo, de Poisson. Seguindo o raciocínio de Mebane(2006), em geral, numa auditoria eleitoral, não estaremos examinando apenas um conjunto de seções ou um conjunto de totalização de votos, mas sim os conjuntos de seções em diferentes municípios ou estados eleitorais diferentes.

Mebane (2006) observa que no caso em que o teste rejeita a hipótese de conformidade, deverá ser testar as seções separadamente. Desta forma, pode permitir que se identifique para qual conjunto de seções o teste estará sinalizando um problema. Assim, os votos registrados para um candidato presidencial em todas as seções de uma região pode ser considerado um conjunto e testados em conjunto, mas cada subconjunto deve ser tratado separadamente. Ao calcular o teste para o segundo dígito da Lei de Benford para vários conjuntos de seções, precisa-se ajustar qualquer avaliação de significância estatística para o fato de que se está olhando para vários testes. O método que Mebane (2006) utiliza para fazer isto é o de ajustar o nível de ensaio aplicado a testes de hipóteses para controlar a taxa de detecção falso (FDR) (Benjamini e Hochberg 1995). Seja t = 1,. . . , T os conjuntos independentes de T seções que

estão sendo testadas, por exemplo, se testar as seções em de um estado separadas para cada município, T pode denotar o número de municípios do estado. A probabilidade de significância do teste para cada conjunto de dados será denotada por S_t. No caso, essa probabilidade é a da cauda superior da distribuição. Classificando os valores de S_t do menor para o maior, para um nível de teste escolhido α, por exemplo α=0,5, *d* será o menor valor tal que $S_{d+1} > (d + 1)\alpha / T$. Este número *d* é o número de testes rejeitado pelo critério FDR. Se os segundos dígitos das contagens de votos em todos os conjuntos seguirem a distribuição de Benford, então deve-se observar *d* = 0.

2 METODOLOGIA

Lakatos e Marconi (1994), ao analisarem os métodos científicos, ressaltaram a importância dos mesmos, sem os quais não há ciência. Definem métodos como procedimentos científicos, sistemáticos e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo de obter conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. A Contabilidade, assim como toda ciência social aplicada, possui métodos específicos que contribuem de forma mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos e que seriam etapas mais concretas da investigação. Lakatos e Marconi (1994) os denominam *métodos de procedimento*. Dentre esses, destacamos para essa pesquisa os métodos históricos e comparativos por colaborarem no estudo no que tange aos seus primórdios e seu principal foco no passado e nos dias atuais.

Quanto ao tipo de pesquisa realizado, seguindo a proposição de Vergara (2009), podem ser classificados quanto aos fins e quanto aos meios. Desta forma, quanto aos fins, classificamos a presente pesquisa como aplicada, pois é motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, tendo finalidade prática, mediante a proposição de melhores técnicas para detecção de fraudes. Além disso, utiliza como meio de investigação a pesquisa metodológica, definida por Vergara (2009, 27) como sendo "... o estudo que se refere a instrumentos de captação ou de manipulação da realidade. Está, portanto, associada a caminhos, formas, maneiras, procedimentos para atingir determinado fim.".

Quanto aos meios, classificamos como bibliográfica, documental e de estudo de caso. Bibliográfica, porque a fundamentação teórico-metodológica da pesquisa será desenvolvida com base em material publicado ou divulgado em livros, periódicos, revistas, jornais, *internet*, ou seja, em todo material acessível ao público em geral. A pesquisa será também documental, porque será realizada a partir de informações disponibilizadas pelo Tribunal Superior Eleitoral, em especial no seu sítio eletrônico a respeito das eleições para Presidente da República no ano de 2010, dentre outros. Finalmente, será um estudo de caso, porque se encontra circunscrita a eleições majoritárias para Presidente da República do Brasil.

Outra classificação dada à pesquisa é ser predominantemente qualitativa. Conforme Collis e Hussey (2005), o método qualitativo sé mais subjetivo e envolve examinar e refletir as percepções para obter um entendimento de atividades sociais e humanas. Esta escolha deveu-se principalmente a adoção do método de estudo de casos.

Este trabalho limita-se a pesquisar os problemas relacionados com a qualidade das informações, obtidas através do uso da Lei de Benford e investigar o uso da metodologia como uma ferramenta no processo de auditoria eleitoral. Posteriormente, são averiguadas as diversas formas de utilização para garantir uma maior confiabilidade nos resultados obtidos. Para tal são utilizadas ferramentas estatísticas e analisados os resultados obtidos.

Por fim, é apresentada a Lei de Benford como um instrumento de detecção por parte do auditor da qualidade dos dados utilizados durante a auditoria, sendo realizados testes em dados obtidos da eleição para cargo majoritário – Presidente do Brasil – no ano de 2010.

O universo dessa pesquisa está restrito as informações de votação disponíveis no sítio eletrônico do TSE. Os dados coletados se referem à votação para Presidente da República no ano de 2010. A população em questão constitui-se dos totais de votos em cada candidato a Presidente da República Federativa do Brasil, na eleição de 2010. O total de candidatos que participaram desta eleição foram 9 (nove). Os arquivos que foram baixados do sítio eletrônico do Tribunal Superior Eleitoral estão detalhados em nível de seção eleitoral. O arquivo gerado pelo grupamento de todos os arquivos segregados por Unidade Federativa, após a aplicação de filtro para extrair somente os dados de votação ao cargo de Presidente, resultou em 2.515.302 (dois milhões, quinhentos e quinze mil, trezentos e dois) registros. Estes registros correspondem ao universo de 111.193.747 (onze milhões cento e noventa e três mil setecentos e quarenta e sete) votos. Desta forma, este é o valor dos elementos da população investigada. No presente trabalho, não faremos nenhuma seleção de amostra, porque iremos trabalhar com todo o universo citado anteriormente.

Os dados foram recuperados do sítio eletrônico do TSE, organizados por estado, voto em trânsito e voto do exterior. Cada Unidade Federativa possui um arquivo, assim como os que votaram em trânsito e os que votaram no exterior. Desta forma o total de arquivos baixados foi de 30 (trinta) – 28 referente aos estados, 1 referente aos votantes em trânsito e 1 referente aos que votaram no exterior. Cada arquivo possuía as seguintes informações:

- UF – Unidade Federativa;
- Eleição – Código da Eleição;
- UE – Unidade Eleitoral;
- Município – Código do Município;
- Zona – Zona Eleitoral;
- Seção – Seção Eleitoral;

- Cargo – Código do Cargo;
- Candidato – Número do Candidato;
- Votos – Total de Votos na Seção;

A ferramenta utilizada para analisar e tratar as informações foi o Audit Command Language (ACL) versão 9.1.6.000 e o Microsoft® Excel® 2007 (12.0.6565.5003) SP2 MSO (12.0.6562.5003).

Os dados a serem analisados foram os votos computados para o cargo de presidente no 1º turno da eleição de 2010. Essa escolha deveu-se a um maior número de votantes e de um maior número de candidatos para a análise. Os candidatos eram os listados no Quadro 4, a seguir:

Quadro 4 – Código e Nome dos Candidatos a Presidente da República do Brasil nas eleições de 2010

Número do Candidato	Nome do Candidato
13	DILMA VANA ROUSSEFF
16	JOSÉ MARIA DE ALMEIDA
21	IVAN MARTINS PINHEIRO
27	JOSE MARIA EYMAEL
28	JOSE LEVY FIDELIX DA CRUZ
29	RUI COSTA PIMENTA
43	MARIA OSMARINA MARINA DA SILVA VAZ DE LIMA
45	JOSÉ SERRA
50	PLÍNIO SOARES DE ARRUDA SAMPAIO

Fonte: O autor, 2012

Tantos os votos válidos quantos os não válidos – branco e nulo – estavam computados nos arquivos. Além disso, estavam todos os votos relativos aos cargos em disputa naquela eleição: Presidente, Governador, Deputado Estadual, Deputado Federal e Senador.

Como já citado anteriormente, os arquivos estavam segregados nas unidades federativas, votos no exterior e votos em trânsito, e por isso foi necessário agrupar todos estes arquivos e posteriormente selecionar os votos relativos ao cargo de presidente.

Apesar de ser definido um campo para a Unidade Federativa e um campo para a Unidade Eleitoral, o conteúdo dos dois campos eram os mesmos, para o cargo de presidente. Desta forma só mencionaremos o campo Unidade Federativa. No caso de voto em trânsito a unidade federativa conterá “VT” e no caso de voto no exterior, conterá “ZZ”.

O agrupamento de todos os arquivos originais resultou num arquivo contendo 51.277.871 (cinquenta e um milhões, duzentos e setenta e sete mil e oitocentos e setenta e um) registros. Após a seleção dos registros referentes a votação para o cargo de Presidente, o arquivo com os registros selecionados possuía 2.515.302 (dois milhões quinhentos e quinze mil e trezentos e dois) registros.

No caso do teste do 1º dígito para a conformidade da Lei de Benford, pode-se utilizar o ACL diretamente através do comando BENFORD, cuja sintaxe é BENFORD ON campo numérico <LEADING n> <IF condição> <BOUNDS> <TO *tabela*|SCREEN|GRAPH|PRINT> <HEADER cabeçalho> <FOOTER rodapé> <WHILE condição> <FIRST|NEXT n> <APPEND>.

ON campo numérico - especifica o campo numérico a ser analisado.

LEADING n - especifica o número de dígitos à esquerda iniciais a serem analisados. Atribua a n um valor positivo de 1 a 6. O padrão é 1.

IF condição – permite selecionar os registros que serão analisados.

BOUNDS - inclui o limite superior e inferior na saída.

TO *tabela*|SCREEN|GRAPH|PRINT – permite gerar o resultado numa tabela, tela, gráfico ou na impressora.

HEADER cabeçalho – permite definir o cabeçalho desejado.

FOOTER rodapé – permite definir o rodapé desejado.

WHILE condição – permite que a análise seja feita até se atingir determinadas condição.

FIRST|NEXT n – permite processar os n primeiros ou os próximos n

APPEND – permite adicionar resultado a arquivo ou tabela já existente.

Outra opção é selecionar **Analisar** a partir da barra de menus e escolher **Efetuar a Análise de Benford** para exibir a caixa de diálogo com todas as opções possíveis.

No caso das análises do 2º dígito para a conformidade com a Lei de Benford, é necessário se utilizar também do Excel. No teste do 2º dígito para a conformidade da Lei de Benford, o ACL não possui um comando específico. Primeiramente executa o comando BENFORD com LEADING 2, gerando um arquivo Excel com o resultados. A segunda etapa é manipular os dados com os comandos de classificação e totalização para achar as frequências esperadas e reais dos dados.

3 ANÁLISE DOS DADOS

Analisou-se inicialmente, o perfil do campo voto deste arquivo selecionado. Têm-se as seguintes informações sobre o perfil deste campo: a soma total deste campo é de 111.193.747 votos (válidos ou não), sendo que o menor número de votos para um candidato numa seção eleitoral foi 1 (um) e o maior número foi de 390 (trezentos e noventa). Veja na tabela 8.

Tabela 8 - Perfil do Campo Voto

Campo	Valor total	Valor absoluto	Mínimo	Máximo
Votos	111.193.747	111.193.747	1	390

Fonte: O autor, 2012

Além disso, como era de se esperar, não existia número de votos negativos. Tem-se também que quando o candidato não recebia nenhum voto, não era gerado nenhum registro para ele, logo o campo voto não tinha valor zero. A média dos votos por candidatos em cada seção eleitoral de uma zona eleitoral de uma unidade federativa foi de 44 (quarenta e quatro) votos. Veja a tabela 9.

Tabela 9 - Estatística do Campo Voto

Votos	Número	Total	Média
Intervalo	0	389	0
Positivo	2.515.302	111.193.747	44
Negativo	0	0	0
Zeros	0	0	0
Totais	2.515.302	111.193.747	44
Valor absoluto	-	111.193.747	-

Fonte: O autor, 2012

Ao analisar a distribuição do total de votos de cada candidato numa determinada seção eleitoral, verifica-se que a maioria dos registros está no intervalo entre 1 (um) e 39 (trinta e nove) votos, correspondente a aproximadamente 63% (sessenta e três por cento) dos registros totais. Mas, por outro lado, o maior conteúdo de votos está no intervalo entre 118 (cento e

dezoito) e 156 (cento e cinquenta e seis) votos, que corresponde a aproximadamente 25% (vinte e cinco por cento) do total de votos para presidente. Veja a Tabela 10.

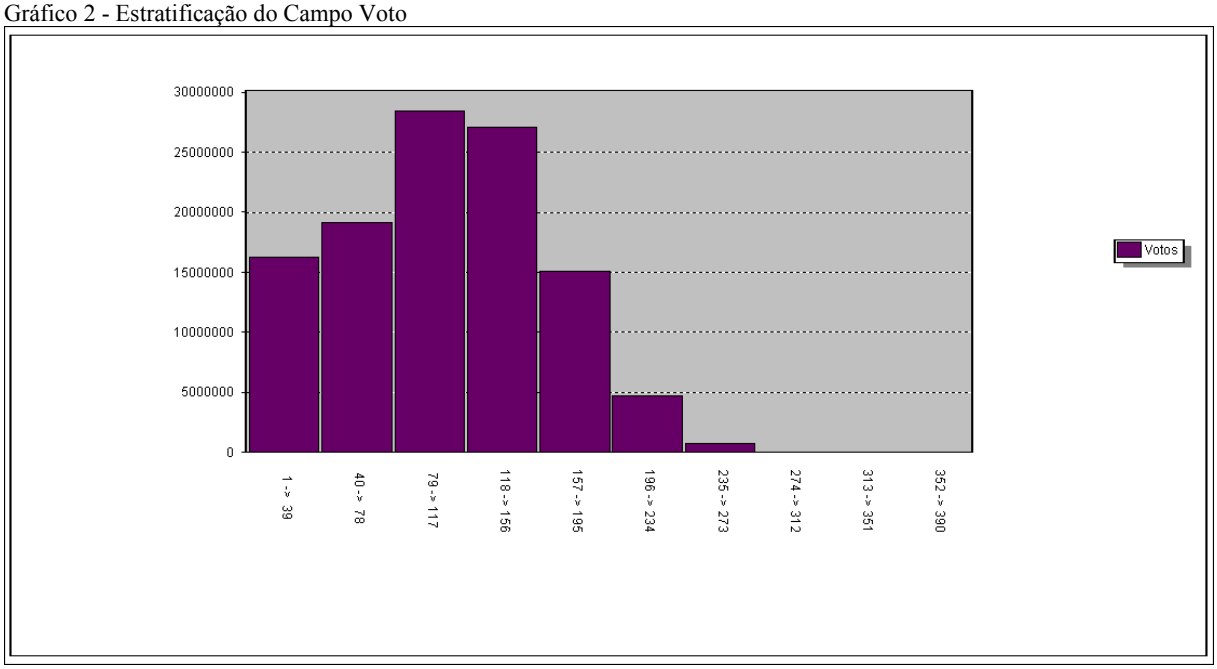
Tabela 10 - Estratificação do Campo Voto

Votos	Contagem	Percentual da contagem	Percentual do campo	Votos
1 – 39	1.587.751	63,12%	14,56%	16.185.091
40 - 78	323.318	12,85%	17,16%	19.080.807
79 - 117	291.495	11,59%	25,48%	28.326.871
118 - 156	199.495	7,93%	24,24%	26.955.349
157 - 195	87.275	3,47%	13,55%	15.065.510
196 - 234	22.691	0,9%	4,28%	4.756.044
235 - 273	2.963	0,12%	0,66%	732.700
274 - 312	280	0,01%	0,07%	80.173
313 - 351	31	0%	0,01%	10.100
352 - 390	3	0%	0%	1.102
Totais	2.515.302	100%	100%	111.193.747

Fonte: O autor, 2012

As informações da tabela 10 estão demonstradas no gráfico 2, para uma melhor visualização e entendimento.

Gráfico 2 - Estratificação do Campo Voto



Fonte: O autor, 2012

A Tabela 11 mostra a quantidade de votos recebida por cada candidato no 1º turno da eleição para Presidente, além do percentual em relação ao total de votos. O candidato de nº 95 e 96 são os votos brancos e nulos.

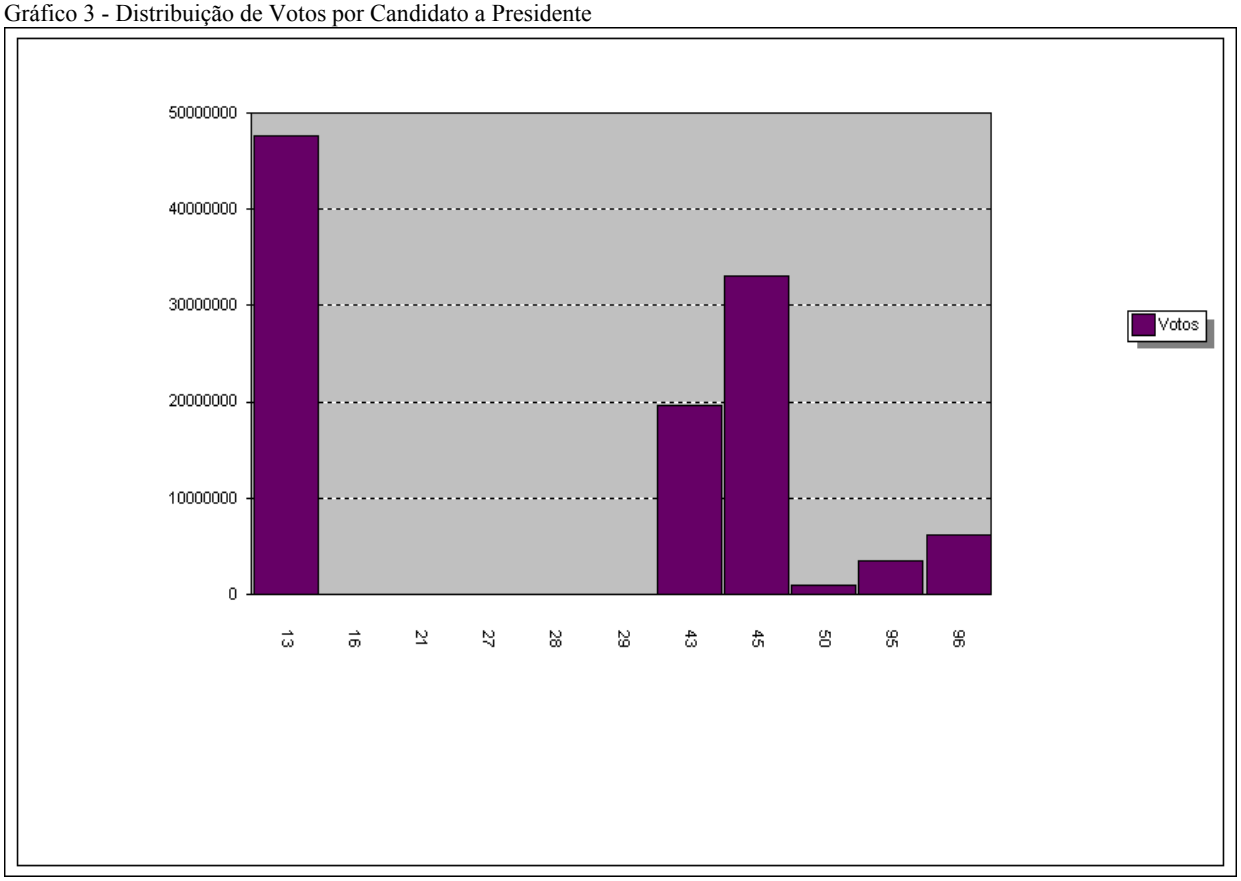
Tabela 11 - Distribuição de Votos por Candidato a Presidente

Candidato	Percentual de Votos	Votos
13	42,85%	47.651.434
16	0,08%	84.609
21	0,04%	39.136
27	0,08%	89.350
28	0,05%	57.960
29	0,01%	12.206
43	17,66%	19.636.359
45	29,8%	33.132.283
50	0,8%	886.816
95	3,13%	3.479.340
96	5,51%	6.124.254
Totais	100%	111.193.747

Fonte: O autor, 2012

Observa-se que somente 3 (três) candidatos receberam uma votação expressiva, enquanto 6 (seis) deles receberam uma votação menor do que 1% (um por cento) sendo que dentre estes 5 (cinco) receberam votações insignificantes. Os votos brancos e os votos nulos foram mais expressivos do que os dos candidatos citados com votações menores do que 1% (um por cento). As informações da tabela 11, estão demonstradas no Gráfico 3. A observação anterior fica mais clara neste gráfico.

Gráfico 3 - Distribuição de Votos por Candidato a Presidente



Fonte: O autor, 2012

Primeiramente será aplicado a Lei de Benford para o 1º dígito, nos candidatos, nos votos brancos e nos votos nulos, analisando o total de votos por seção eleitoral. Para esta análise, será utilizado o software ACL. Os resultados estão apresentados nas tabelas a seguir e posteriormente serão consolidados em uma única tabela:

Tabela 12 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato DILMA

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	242620	120398	421,318
2	20874	70428	205,714
3	6123	49970	209,681
4	9753	38759	155,036
5	14250	31669	102,001
6	19759	26776	44,389
7	25228	23194	13,757
8	29556	20459	65,292
9	31790	18301	102,071

Fonte: O autor, 2012.

Tabela 13 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato JOSÉ MARIA

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	57933	20889	306,560
2	9194	12220	30,148
3	1738	8670	79,578
4	379	6725	81,423
5	85	5495	76,045
6	37	4646	69,992
7	10	4024	65,190
8	11	3550	60,965
9	6	3175	57,566

Fonte: O autor, 2012.

Tabela 14 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato IVAN

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	33827	10939	261,757
2	2296	6399	56,497
3	182	4540	69,133
4	22	3521	62,045
5	4	2877	55,811
6	1	2433	51,029
7	3	2107	47,218
8	2	1859	44,200
9	0	1663	41,730

Fonte: O autor, 2012.

Tabela 15 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato EYMAEL

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	60028	21975	307,042
2	10535	12854	22,532
3	1883	9120	81,007
4	399	7074	83,508
5	91	5780	77,974
6	32	4887	71,890
7	17	4233	66,759
8	7	3734	62,606
9	6	3340	59,049

Fonte: O autor, 2012.

Tabela 16 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato LEVY

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	45611	15445	290,322
2	4981	9035	46,980
3	579	6410	77,852
4	94	4972	72,791
5	31	4063	65,908
6	7	3435	60,542
7	2	2975	56,154
8	1	2625	52,563
9	2	2348	49,549

Fonte: O autor, 2012

Tabela 17 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato RUI

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	11327	3536	156,696
2	393	2069	40,575
3	22	1468	40,326
4	1	1138	35,458
5	2	930	31,697
6	1	786	28,977
7	1	681	26,833
8	0	601	25,144
9	0	538	23,712

Fonte: O autor, 2012

Tabela 18 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato MARINA

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	96108	119240	80,125
2	49842	69751	83,048
3	42957	49489	31,387
4	41092	38387	14,526
5	41043	31364	56,949
6	38760	26518	77,822
7	34012	22971	75,053
8	28706	20262	60,896
9	23588	18125	41,537

Fonte: O autor, 2012

Tabela 19 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato SERRA

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	154475	120300	117,854
2	29121	70371	171,309
3	31129	49929	89,939
4	33138	38728	29,887
5	32830	31643	6,951
6	30885	26754	26,145
7	30156	23175	47,243
8	29494	20442	64,993
9	28399	18286	76,555

Fonte: O autor, 2012

Tabela 20 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato PLINIO

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	90407	87119	13,322
2	64789	50961	67,480
3	47115	36158	61,598
4	32794	28046	29,830
5	21768	22915	7,895
6	14367	19375	37,241
7	9054	16783	61,466
8	5706	14804	76,758
9	3403	13242	87,525

Fonte: O autor, 2012

Tabela 21 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato BRANCO

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	155919	117423	134,371
2	37791	68688	129,876
3	26525	48735	107,547
4	28142	37802	52,278
5	29423	30886	8,673
6	29782	26114	23,496
7	28932	22621	43,230
8	27720	19953	56,444
9	25836	17849	61,199

Fonte: O autor, 2012

Tabela 22 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato NULO

1º Dígito	Contagem real	Contagem esperada	Z
1	193046	119918	252,587
2	81298	70147	46,380
3	29038	49770	99,342
4	13868	38605	132,480
5	12295	31542	112,935
6	14096	26669	79,700
7	16313	23102	46,015
8	18388	20377	14,301
9	20016	18228	13,554

Fonte: O autor, 2012

Como se pode observar das Tabelas 12 a 22, resumidas na Tabela 23, os dados analisados não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 1º dígito. O teste Z para um nível de significância de 5% deve ter no máximo o resultado de 1,96 (um vírgula noventa e seis). Logo, conforme Nigrini (2000), se diversos dígitos estão com um Z maior do que 1,96, o conjunto de dados não está em conformidade com a Lei de Benford. Mebane (2006) observa que o teste do 2º dígito (2BL) é mais efetivo no caso de eleição.

Tabela 23 – Consolidada dos Resultados da LB para o 1º Dígito dos Candidatos

Dígito	Variável	DILMA	JOSÉ MARIA	IVAN	EYMAEL	LEVY	RUI	MARINA	SERRA	PLINIO	BRANCO	NULO
1	Contagem Real	242.620	57.933	33.827	60.028	45.611	11.327	96.108	154.475	90.407	155.919	193.046
	Contagem Esperada	120.398	20.889	10.939	21.975	15.445	3.536	119.240	120.300	87.119	117.423	119.918
	Z	421,32	306,56	261,76	307,04	290,32	156,70	80,13	117,85	13,32	134,37	252,59
2	Contagem Real	20.874	9.194	2.296	10.535	4.981	393	49.842	29.121	64.789	37.791	81.298
	Contagem Esperada	70.428	12.220	6.399	12.854	9.035	2.069	69.751	70.371	50.961	68.688	70.147
	Z	205,71	30,15	56,50	22,53	46,98	40,58	83,05	171,31	67,48	129,88	46,38
3	Contagem Real	6.123	1.738	182	1.883	579	22	42.957	31.129	47.115	26.525	29.038
	Contagem Esperada	49.970	8.670	4.540	9.120	6.410	1.468	49.489	49.929	36.158	48.735	49.770
	Z	209,68	79,58	69,13	81,01	77,85	40,33	31,39	89,94	61,60	107,55	99,34
4	Contagem Real	9.753	379	22	399	94	1	41.092	33.138	32.794	28.142	13.868
	Contagem Esperada	38.759	6.725	3.521	7.074	4.972	1.138	38.387	38.728	28.046	37.802	38.605
	Z	155,04	81,42	62,05	83,51	72,79	35,46	14,53	29,89	29,83	52,28	132,48
5	Contagem Real	14.250	85	4	91	31	2	41.043	32.830	21.768	29.423	12.295
	Contagem Esperada	31.669	5.495	2.877	5.780	4.063	930	31.364	31.643	22.915	30.886	31.542
	Z	102,00	76,05	55,81	77,97	65,91	31,70	56,95	6,95	7,90	8,67	112,94
6	Contagem Real	19.759	37	1	32	7	1	38.760	30.885	14.367	29.782	14.096
	Contagem Esperada	26.776	4.646	2.433	4.887	3.435	786	26.518	26.754	19.375	26.114	26.669
	Z	44,39	69,99	51,03	71,89	60,54	28,98	77,82	26,15	37,24	23,50	79,70
7	Contagem Real	25.228	10	3	17	2	1	34.012	30.156	9.054	28.932	16.313
	Contagem Esperada	23.194	4.024	2.107	4.233	2.975	681	22.971	23.175	16.783	22.621	23.102
	Z	13,76	65,19	47,22	66,76	56,15	26,83	75,05	47,24	61,47	43,23	46,02
8	Contagem Real	29.556	11	2	7	1	-	28.706	29.494	5.706	27.720	18.388
	Contagem Esperada	20.459	3.550	1.859	3.734	2.625	601	20.262	20.442	14.804	19.953	20.377
	Z	65,29	60,97	44,20	62,61	52,56	25,14	60,90	64,99	76,76	56,44	14,30
9	Contagem Real	31.790	6	-	6	2	-	23.588	28.399	3.403	25.836	20.016
	Contagem Esperada	18.301	3.175	1.663	3.340	2.348	538	18.125	18.286	13.242	17.849	18.228
	Z	102,07	57,57	41,73	59,05	49,55	23,71	41,54	76,56	87,53	61,20	13,55

Fonte: O autor, 2012

Desta forma, a análise será aprofundada com o teste de conformidade para o segundo dígito.

Tabela 24 - Resultado da LB para o 2º Dígito da CandidataDILMA

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	52692	47867	23,50495
1	50457	45550	24,42461
2	48739	43523	26,48473
3	46561	41725	25,01571
4	42793	40119	14,07472
5	39243	38668	3,076603
6	35032	37345	12,57029
7	31606	36136	24,98568
8	27894	35024	39,88476
9	24936	33996	51,36931

Fonte: O autor, 2012

Tabela 25 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato JOSÉ MARIA

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	69370	8303	714,2691
1	5	7903	94,37929
2	6	7551	91,97569
3	4	7240	89,85786
4	1	6961	87,94834
5	1	6708	86,16042
6	4	6478	84,47592
7	1	6269	83,00236
8	0	6077	81,61044
9	1	5900	80,28738

Fonte: O autor, 2012

Tabela 26 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato IVAN

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	36336	4349	516,9634
1	0	4138	68,33585
2	1	3955	66,60182
3	0	3792	65,06787
4	0	3646	63,66031
5	0	3513	62,36169
6	0	3392	61,16566
7	0	3283	60,07558
8	0	3181	59,04394
9	0	3089	58,10329

Fonte: O autor, 2012

Tabela 27 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato EYMAEL

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	72989	8738	732,5866
1	2	8314	96,84062
2	1	7944	94,40248
3	2	7615	92,18153
4	1	7322	90,20024
5	1	7057	88,37435
6	1	6817	86,70053
7	1	6594	85,12693
8	0	6392	83,69841
9	0	6205	82,34949

Fonte: O autor, 2012

Tabela 28 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato LEVY

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	36336	4349	516,9634
1	0	4138	68,33585
2	1	3955	66,60182
3	0	3792	65,06787
4	0	3646	63,66031
5	0	3513	62,36169
6	0	3392	61,16566
7	0	3283	60,07558
8	0	3181	59,04394
9	0	3089	58,10329

Fonte: O autor, 2012

Tabela 29 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato RUI

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	11747	1404	294,17326
1	0	1338	38,858589
2	0	1278	37,868343
3	0	1224	36,964462
4	0	1178	36,184216
5	0	1136	35,462919
6	0	1098	34,802483
7	0	1062	34,169487
8	0	1029	33,582597
9	0	998	33,025143

Fonte: O autor, 2012

Tabela 30 - Resultado da LB para o 2º Dígito da Candidata MARINA

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	92791	47406	222,1648
1	41730	45112	16,91544
2	38419	43106	23,91356
3	36131	41327	27,00715
4	34143	39734	29,57074
5	32637	38294	30,41578
6	31391	36987	30,55903
7	30166	35790	31,16939
8	29573	34686	28,74076
9	29127	33667	25,86675

Fonte: O autor, 2012

Tabela 31 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato SERRA

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	59660	47829	57,6576
1	49273	45513	18,72302
2	46964	43489	17,65157
3	43935	41692	11,60722
4	40066	40087	0,110579
5	36528	38635	11,27854
6	33721	37316	19,5451
7	31521	36106	25,29952
8	29674	34996	29,78285
9	28285	33966	32,22483

Fonte: O autor, 2012

Tabela 32 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato PLINIO

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	285995	34636	1439,496
1	1302	32961	185,2482
2	810	31493	183,1505
3	483	30191	180,6586
4	317	29029	177,6643
5	226	27979	174,5712
6	120	27023	171,8779
7	68	26148	169,1031
8	55	25343	166,2975
9	27	24597	163,7765

Fonte: O autor, 2012

Tabela 33 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato BRANCO

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	261660	46683	1060,454
1	25245	44425	96,66984
2	21899	42448	105,6525
3	18965	40697	113,827
4	15967	39127	123,4392
5	13388	37709	131,776
6	11040	36421	139,6747
7	8986	35245	146,6539
8	7228	34158	152,5422
9	5692	33155	157,6748

Fonte: O autor, 2012

Tabela 34 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato NULO

2º Digito	Contagem real	Contagem esperada	Z
0	142762	47676	464,1376
1	36660	45369	43,4355
2	35196	43349	41,4806
3	33249	41561	43,08129
4	31144	39957	46,48143
5	28642	38510	52,90779
6	26257	37197	59,57303
7	23794	35992	67,41378
8	21220	34884	76,58872
9	19434	33859	81,95347

Fonte: O autor, 2012

Como se pode observar das tabelas 24 a 34, consolidadas na Tabela 35, os dados analisados também não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Como já dito anteriormente, o teste Z para um nível de significância de 5% deve ter no máximo o resultado de 1,96 (um vírgula noventa e seis). Logo, mais uma vez o conjunto de dados não está em conformidade com a Lei de Benford. Talvez devido às características das eleições analisadas por Melbane (2006) o teste do 2º dígito se ajustou melhor.

Tabela 35 – Consolidada dos Resultados da LB para o 1º Dígito dos Candidatos a Presidente

Dígito	Variável	DILMA	JOSÉ MARIA	IVAN	EYMAEL	LEVY	RUI	MARINA	SERRA	PLINIO	BRANCO	NULO
0	Contagem Real	52.692	69.370	36.336	72.989	36.336	11.747	92.791	59.660	285.995	261.660	142.762
	Contagem Esperada	47.867	8.303	4.349	8.738	4.349	1.404	47.406	47.829	34.636	46.683	47.676
	Z	23,50	714,27	516,96	732,59	516,96	294,17	222,16	57,66	1.439,50	1.060,45	464,14
1	Contagem Real	50.457	5	-	2	-	-	41.730	49.273	1.302	25.245	36.660
	Contagem Esperada	45.550	7.903	4.138	8.314	4.138	1.338	45.112	45.513	32.961	44.425	45.369
	Z	24,42	94,38	68,34	96,84	68,34	38,86	16,92	18,72	185,25	96,67	43,44
2	Contagem Real	48.739	6	1	1	1	-	38.419	46.964	810	21.899	35.196
	Contagem Esperada	43.523	7.551	3.955	7.944	3.955	1.278	43.106	43.489	31.493	42.448	43.349
	Z	26,48	91,98	66,60	94,40	66,60	37,87	23,91	17,65	183,15	105,65	41,48
3	Contagem Real	46.561	4	-	2	-	-	36.131	43.935	483	18.965	33.249
	Contagem Esperada	41.725	7.240	3.792	7.615	3.792	1.224	41.327	41.692	30.191	40.697	41.561
	Z	25,02	89,86	65,07	92,18	65,07	36,96	27,01	11,61	180,66	113,83	43,08
4	Contagem Real	42.793	1	-	1	-	-	34.143	40.066	317	15.967	31.144
	Contagem Esperada	40.119	6.961	3.646	7.322	3.646	1.178	39.734	40.087	29.029	39.127	39.957
	Z	14,07	87,95	63,66	90,20	63,66	36,18	29,57	0,11	177,66	123,44	46,48
5	Contagem Real	39.243	1	-	1	-	-	32.637	36.528	226	13.388	28.642
	Contagem Esperada	38.668	6.708	3.513	7.057	3.513	1.136	38.294	38.635	27.979	37.709	38.510
	Z	3,08	86,16	62,36	88,37	62,36	35,46	30,42	11,28	174,57	131,78	52,91
6	Contagem Real	35.032	4	-	1	-	-	31.391	33.721	120	11.040	26.257
	Contagem Esperada	37.345	6.478	3.392	6.817	3.392	1.098	36.987	37.316	27.023	36.421	37.197
	Z	12,57	84,48	61,17	86,70	61,17	34,80	30,56	19,55	171,88	139,67	59,57
7	Contagem Real	31.606	1	-	1	-	-	30.166	31.521	68	8.986	23.794
	Contagem Esperada	36.136	6.269	3.283	6.594	3.283	1.062	35.790	36.106	26.148	35.245	35.992
	Z	24,99	83,00	60,08	85,13	60,08	34,17	31,17	25,30	169,10	146,65	67,41
8	Contagem Real	27.894	-	-	-	-	-	29.573	29.674	55	7.228	21.220
	Contagem Esperada	35.024	6.077	3.181	6.392	3.181	1.029	34.686	34.996	25.343	34.158	34.884
	Z	39,88	81,61	59,04	83,70	59,04	33,58	28,74	29,78	166,30	152,54	76,59
9	Contagem Real	24.936	1	-	-	-	-	29.127	28.285	27	5.692	19.434
	Contagem Esperada	33.996	5.900	3.089	6.205	3.089	998	33.667	33.966	24.597	33.155	33.859
	Z	51,37	80,29	58,10	82,35	58,10	33,03	25,87	32,22	163,78	157,67	81,95

A próxima análise será agrupar os dados de votação de todas as seções eleitorais de um mesmo município e aí proceder novamente à análise da Lei de Benford para o 1º dígito. No caso da candidata DILMA, os dados agrupados geraram um arquivo com 5.720 (cinco mil, setecentos e vinte) registros, que correspondem aos municípios em que ela teve votos válidos. O que está sendo feito a seguir:

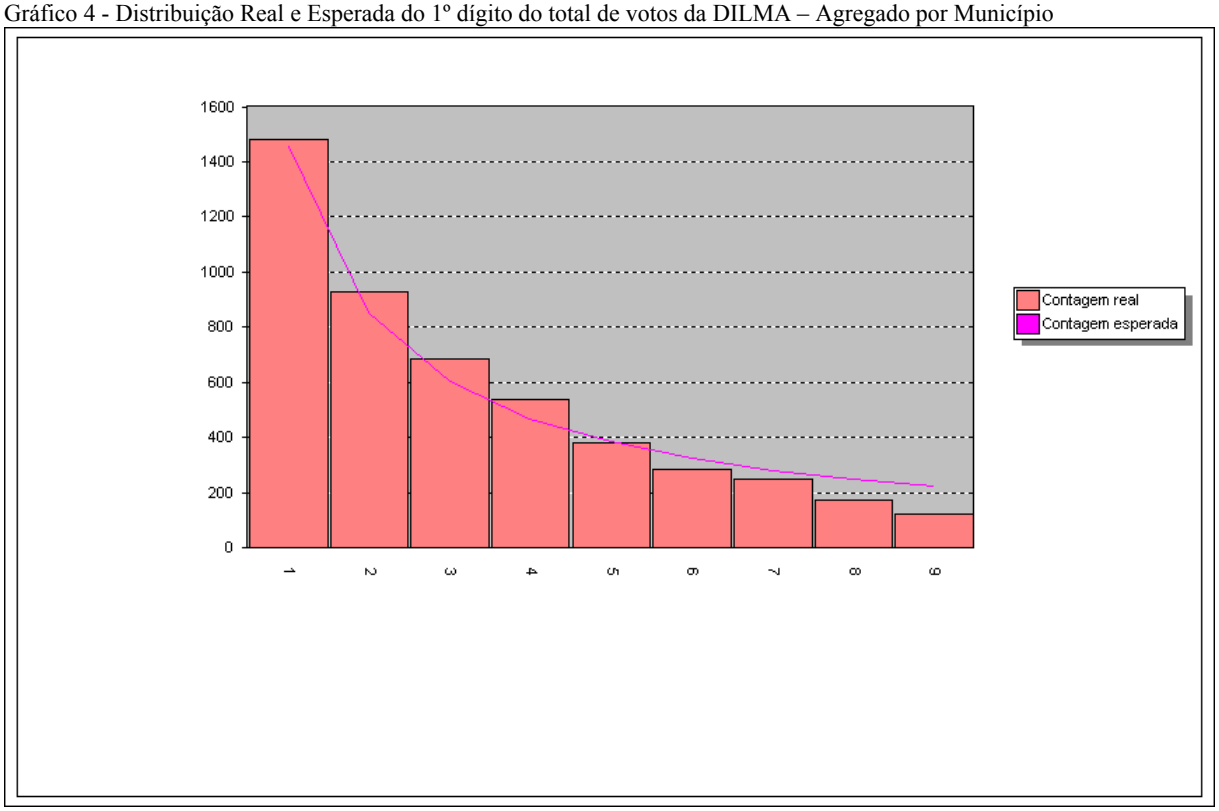
Tabela 36 - Resultado da LB para o 1º Dígito da Candidata DILMA – Agrupado por Município

1º Dígito	Real	Esperado	Z
1	1773	1722	1,459
2	1072	1007	2,231
3	685	715	1,166
4	501	554	2,361
5	432	453	1,000
6	375	383	0,393
7	317	332	0,804
8	286	293	0,366
9	279	262	1,061

Fonte: O autor, 2012.

A seguir o gráfico 4 ilustrativo dos dados da Tabela 36:

Gráfico 4 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos da DILMA – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

Em virtude dos baixos Z encontrados na Tabela 36 e a aparente conformidade com a Lei de Benford mostrada pelo Gráfico 4, será calculado o valor do χ^2 (qui-quadrado), utilizando-se a fórmula já apresentada anteriormente;

$$\chi^2 = \sum_{d_1=1}^{9} (p_o - p_e)^2 / p_e$$

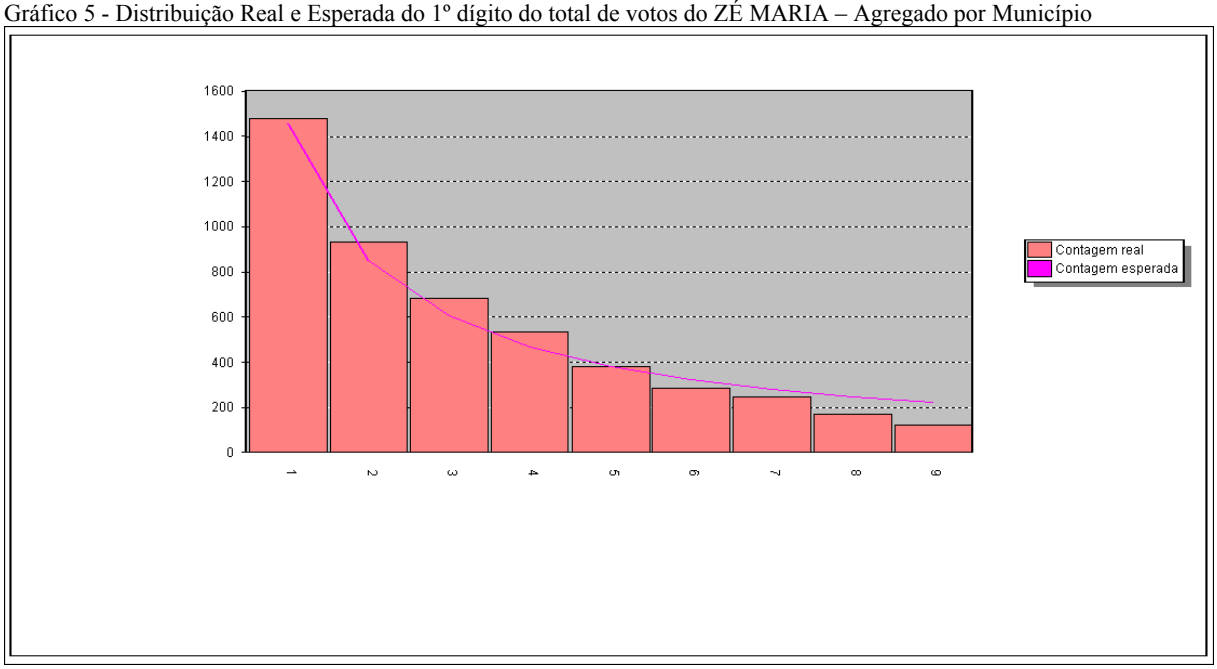
Tem-se então que χ^2 é igual a 15,12 (quinze inteiros e doze centésimos), menor do que o ponto de corte para um nível de significância 5% (cinco por cento) e 8 (oito) graus de liberdade. Conforme Nigrini (2000), este valor, que é 15,51 (quinze inteiros e cinquenta e um centésimos, pode ser obtido em livros de estatística ou pelo uso da função INV.QUI(0,05;8) do Microsoft® Excel® 2007. Com os dados obtidos, se pode afirmar que o total de votos do candidato DILMA agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford. Esta análise será repetida para todos os outros candidatos além dos votos brancos e nulos. Também será mostrado o gráfico gerado pelos resultados encontrados.

Tabela 37 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato ZÉ MARIA – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1479	1455	0,722
2	929	851	2,911
3	683	604	3,411
4	535	469	3,206
5	382	383	0,018
6	283	324	2,312
7	249	280	1,901
8	173	247	4,819
9	122	221	6,796

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 5 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do ZÉ MARIA – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

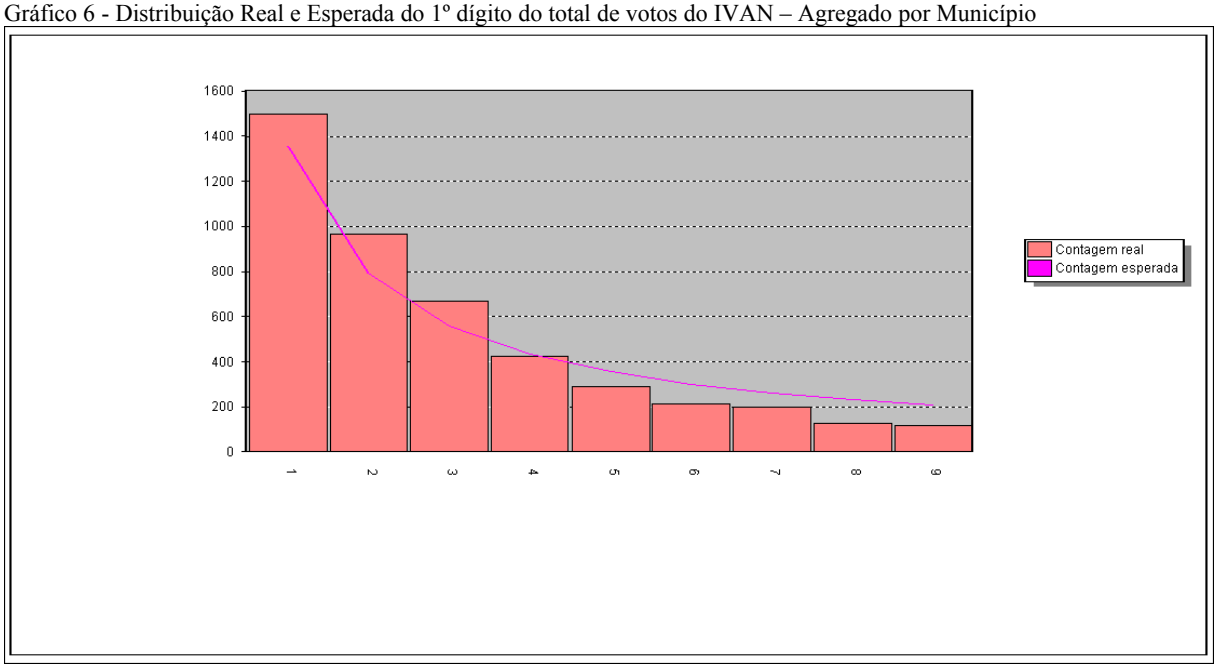
De acordo com a Tabela 37, existem diversos valores de Z maiores do que o ponto de corte deste teste. Mesmo assim, para manter o procedimento anterior, foi calculado o valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato ZÉ MARIA que é igual a 102,31 (cento e dois inteiros e trinta e um centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 4.835 (quatro mil, oitocentos e trinta e cinco) registros.

Tabela 38 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato IVAN – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1497	1355	4,610
2	964	792	6,696
3	668	562	4,746
4	424	436	0,584
5	289	356	3,689
6	213	301	5,234
7	199	261	3,920
8	129	230	6,813
9	117	206	6,307

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 6 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do IVAN – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

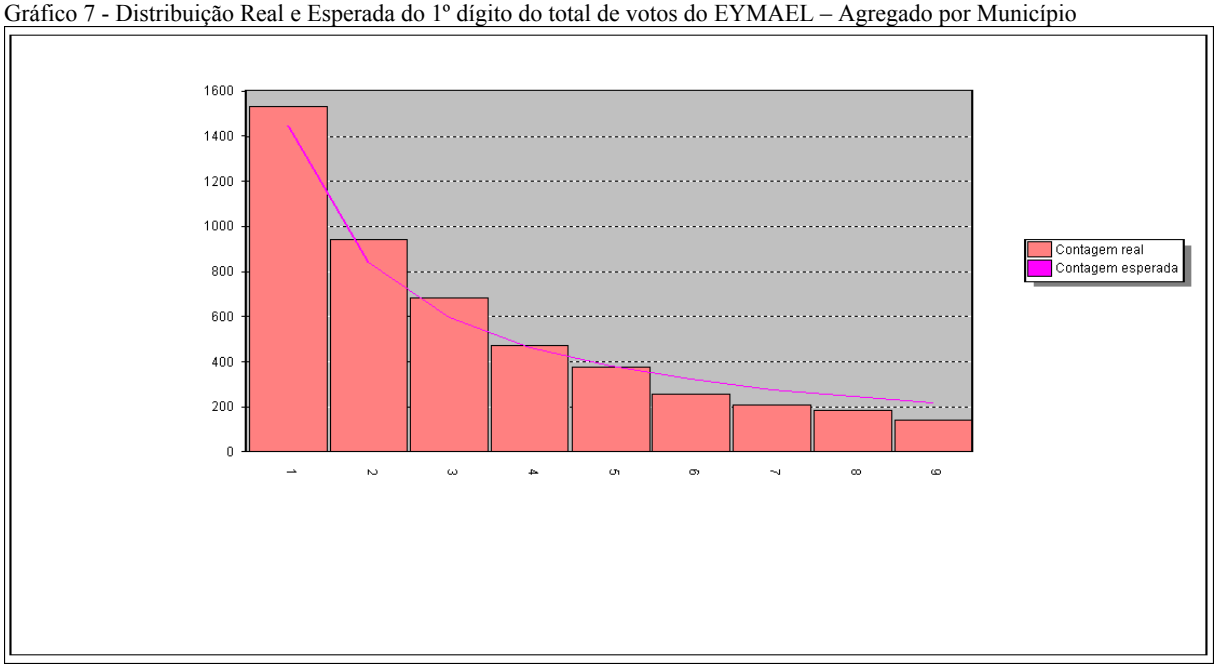
De acordo com a Tabela 38, existem diversos valores de Z maiores do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato IVAN é igual a 208,44 (duzentos e oito inteiros e quarenta e quatro centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 4.500 (quatro mil e quinhentos) registros.

Tabela 39 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato EYMAEL – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1527	1442	2,674
2	942	843	3,725
3	681	598	3,591
4	473	464	0,410
5	377	379	0,091
6	255	321	3,764
7	207	278	4,342
8	184	245	3,966
9	143	219	5,230

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 7 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do EYMAEL – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

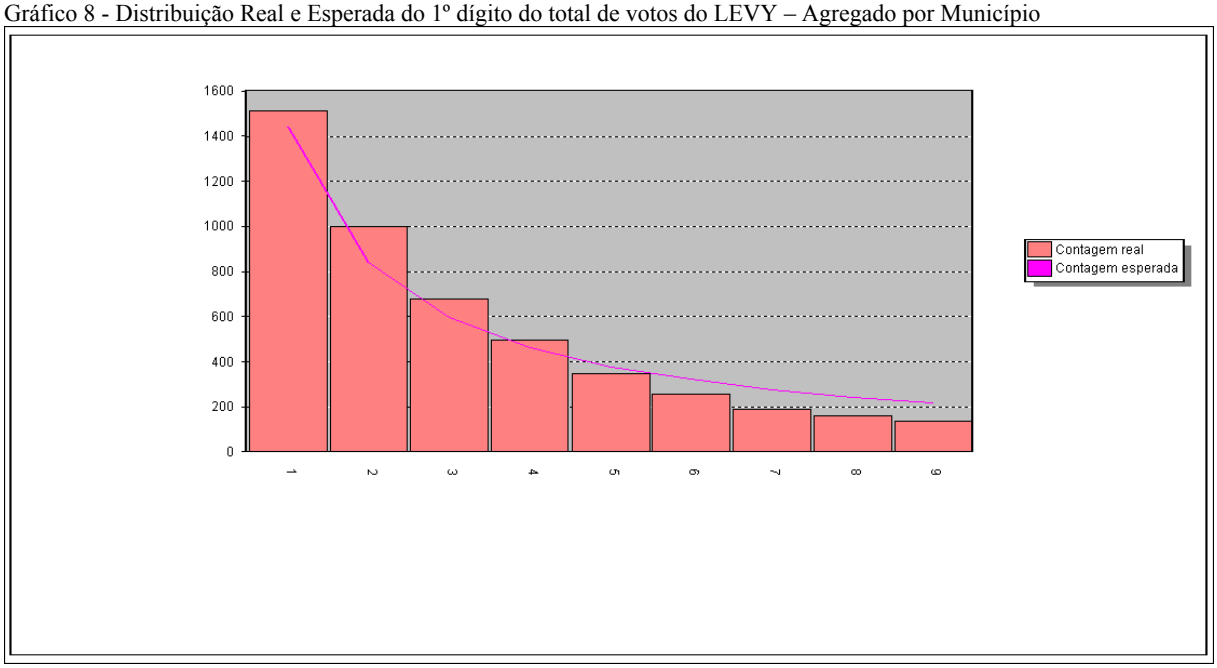
De acordo com a Tabela 39, existem diversos valores de Z maiores do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato EYMAEL é igual a 101,61 (cento e um inteiros e sessenta e um centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 4.789 (quatro mil, setecentos e oitenta e nove) registros.

Tabela 40 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato LEVY – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1508	1437	2,221
2	996	841	5,883
3	679	596	3,591
4	497	463	1,656
5	347	378	1,635
6	255	320	3,712
7	191	277	5,285
8	163	244	5,302
9	138	218	5,537

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 8 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do LEVY – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

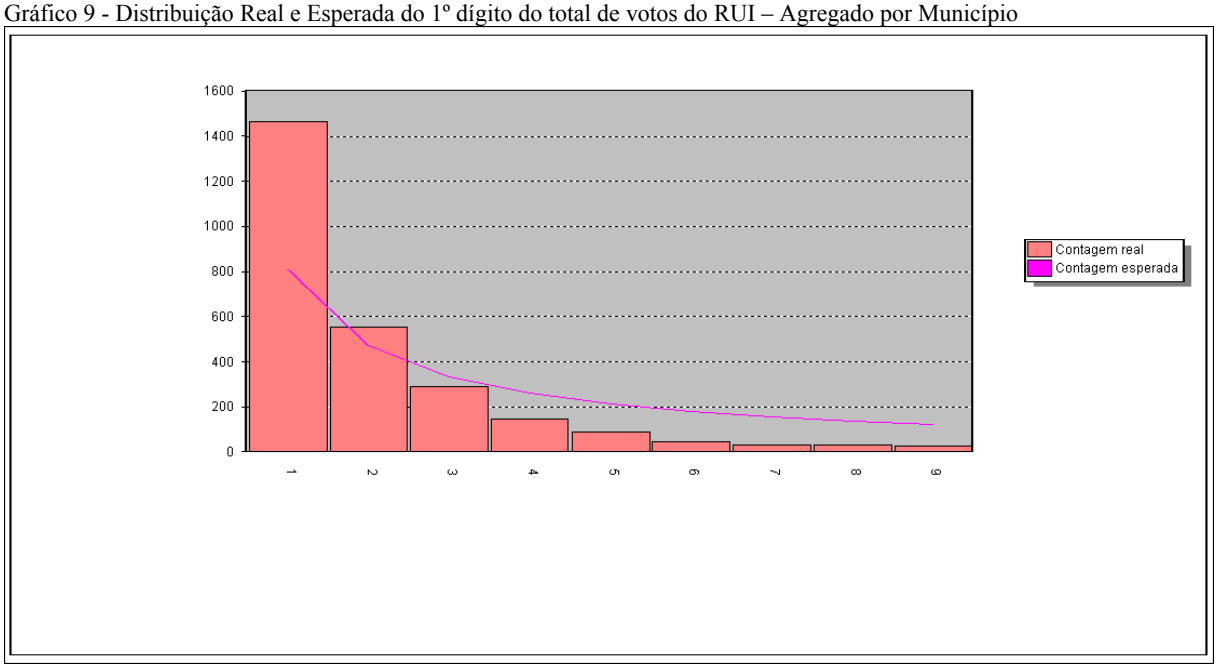
De acordo com a Tabela 40, existem diversos valores de Z maiores do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato LEVY é igual a 144,82 (cento e quarenta e quatro inteiros e oitenta e dois centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Além disso, observamos que os dados agrupados geraram um arquivo com 4.774 (quatro mil, setecentos e setenta e quatro) registros.

Tabela 41 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato RUI – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1464	805	27,781
2	553	471	4,154
3	291	334	2,484
4	146	259	7,358
5	88	212	8,821
6	45	179	10,328
7	31	155	10,221
8	29	137	9,414
9	26	122	8,868

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 9 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do RUI – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

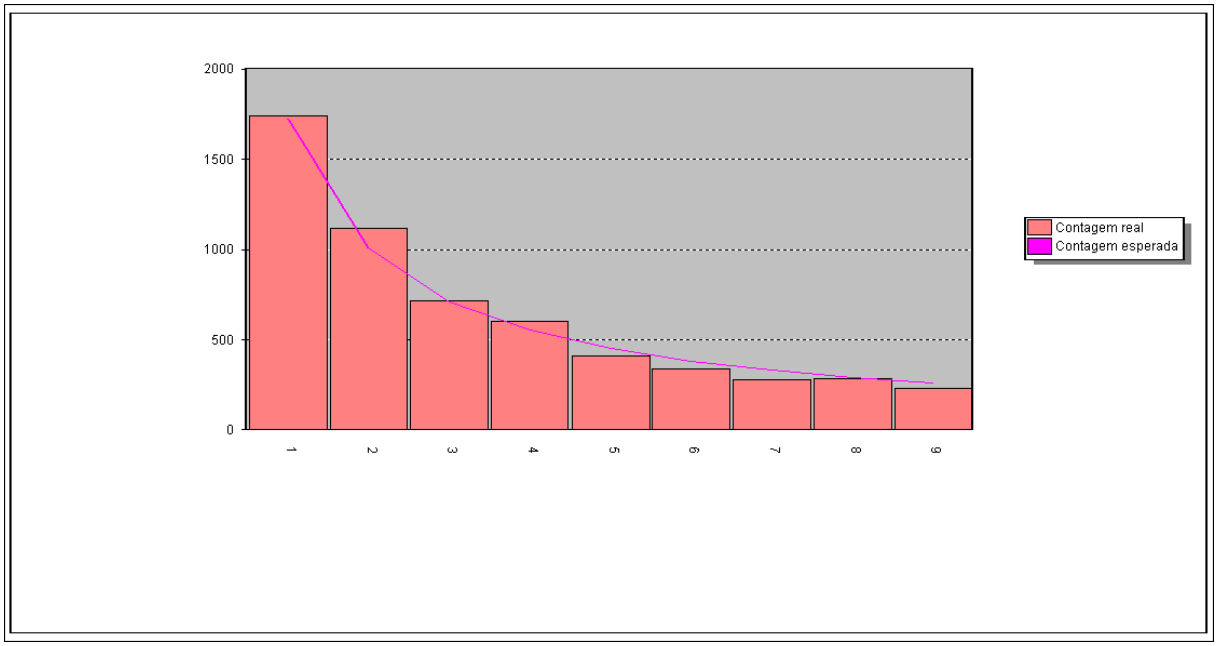
De acordo com a Tabela 41, existem diversos valores de Z maiores do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato RUI é igual a 1.041,31 (Um mil e quarenta e um inteiros e trinta e um centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 2.673 (dois mil, seiscentos e setenta e três) registros.

Tabela 42 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato MARINA – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1738	1721	0,485
2	1113	1007	3,680
3	715	714	0,014
4	598	554	1,948
5	414	453	1,866
6	340	383	2,232
7	281	331	2,828
8	286	292	0,353
9	231	262	1,902

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 10 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos da MARINA – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

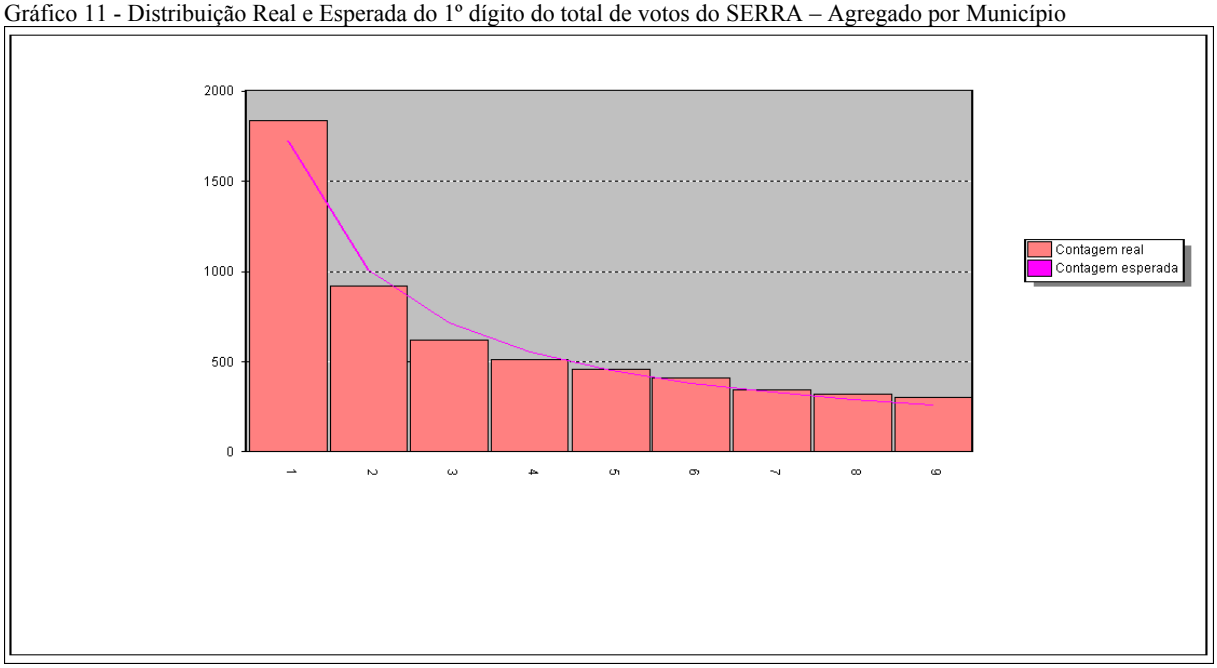
De acordo com a Tabela 42, existem alguns valores de Z maiores do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para a candidata MARINA é igual a 34,35 (trinta e quatro inteiros e trinta e cinco centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 5.716 (cinco mil, setecentos e dezesseis) registros.

Tabela 43 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato SERRA – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1832	1722	3,159
2	919	1007	3,046
3	621	715	3,725
4	516	554	1,691
5	455	453	0,078
6	411	383	1,458
7	344	332	0,667
8	320	293	1,615
9	302	262	2,516

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 11 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do SERRA – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

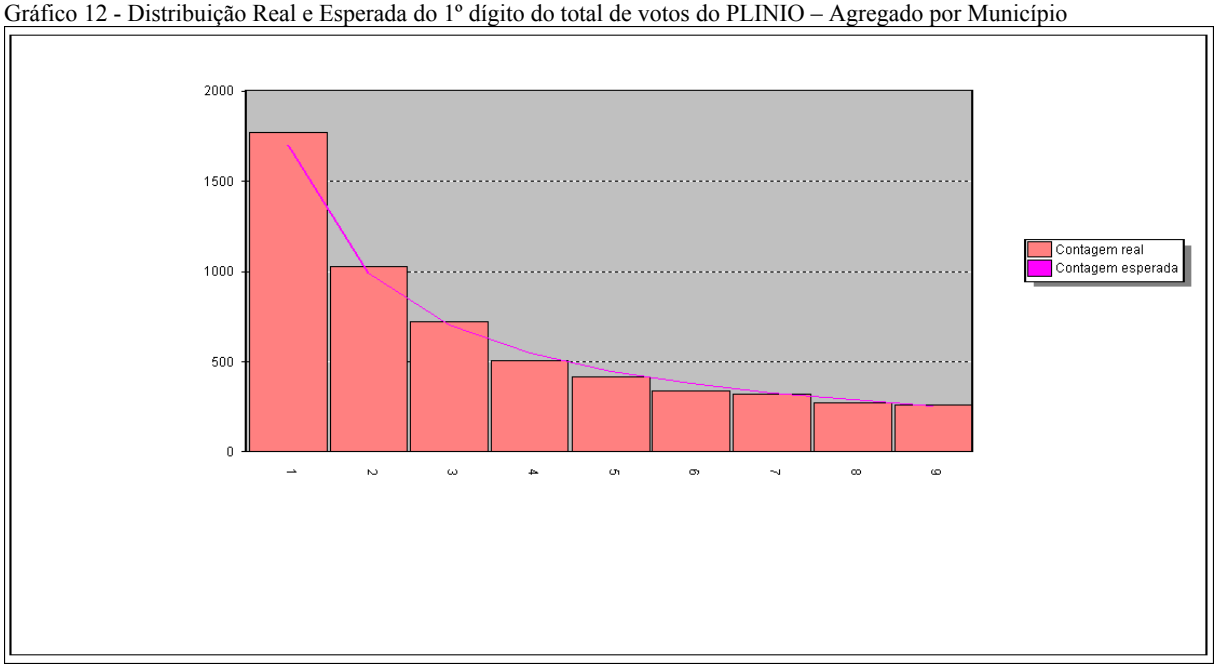
De acordo com a Tabela 43, existem alguns valores de Z maiores do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato SERRA é igual a 40,77 (quarenta ineiros e setenta e sete centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 5.720 (cinco mil, setecentos e vinte) registros.

Tabela 44 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato PLINIO – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1768	1698	2,014
2	1026	993	1,124
3	719	705	0,552
4	508	547	1,718
5	419	447	1,339
6	339	378	2,032
7	324	327	0,150
8	277	289	0,668
9	261	258	0,152

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 12 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do PLINIO – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

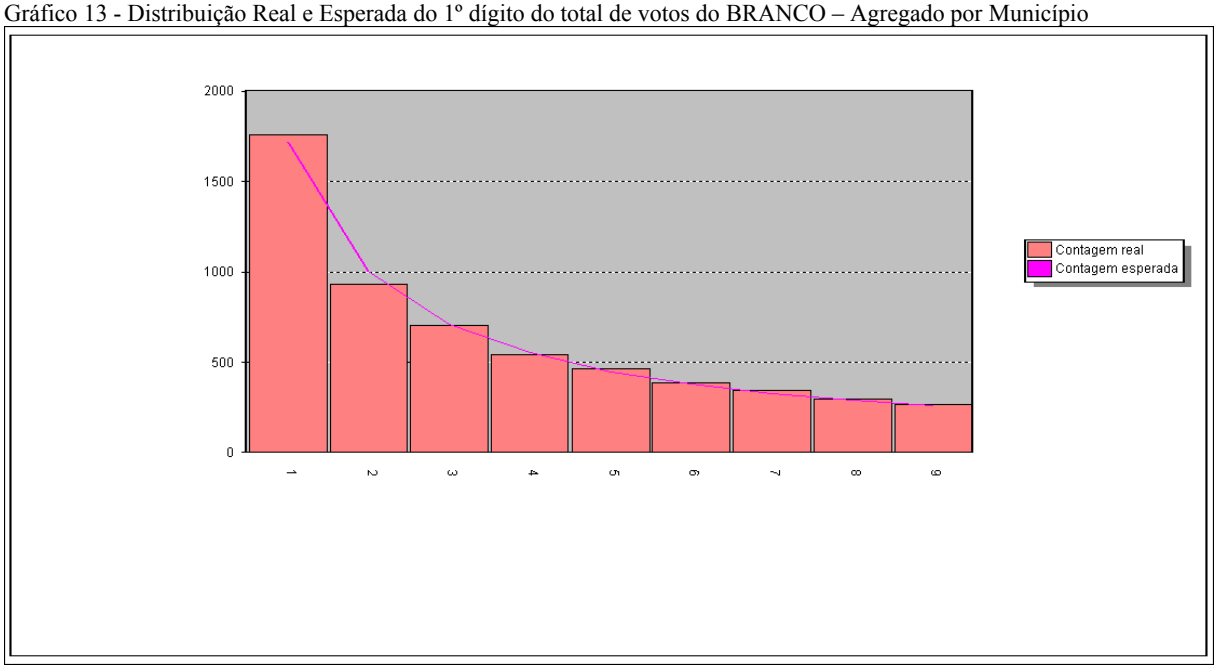
De acordo com a Tabela 44, a maioria dos valores de Z é menor do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato PLINIO é igual a 13,38 (treze inteiros e trinta e oito centésimos) menor do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, pode-se afirmar que o total de votos do candidato PLINIO agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 5.641 (cinco mil, seiscentos e quarenta e um) registros.

Tabela 45 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato BRANCO – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1753	1713	1,154
2	930	1002	2,481
3	706	711	0,171
4	546	551	0,216
5	465	450	0,689
6	388	381	0,352
7	342	330	0,657
8	295	291	0,210
9	264	260	0,202

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 13 - Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do BRANCO – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

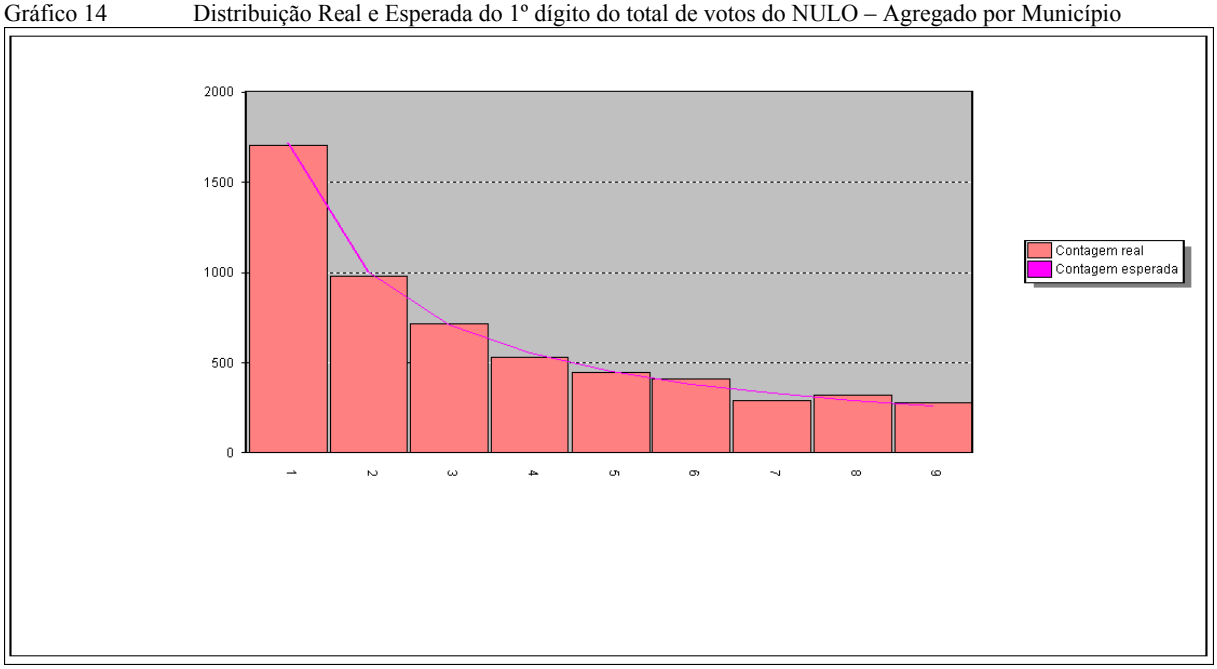
De acordo com a Tabela 45, a maioria dos valores de Z é menor do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato BRANCO é igual a 7,37 (sete inteiros e trinta e sete centésimos) menor do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, pode-se afirmar que o total de votos do candidato BRANCO agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 5.689 (cinco mil, seiscentos e oitenta e nove) registros.

Tabela 46 - Resultado da LB para o 1º Dígito do Candidato NULO – Agrupado por Município

1º Digito	Real	Esperado	Z
1	1704	1711	0,190
2	981	1001	0,676
3	715	710	0,174
4	532	551	0,822
5	447	450	0,126
6	412	381	1,644
7	294	330	1,993
8	321	291	1,791
9	278	260	1,105

Fonte: O autor, 2012

Gráfico 14 Distribuição Real e Esperada do 1º dígito do total de votos do NULO – Agregado por Município



Fonte: O autor, 2012

De acordo com a Tabela 46, a maioria dos valores de Z é menor do que o ponto de corte deste teste. O valor do χ^2 (qui-quadrado) para o candidato NULO é igual a 11,93 (onze inteiros e noventa e três centésimos), menor do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, pode-se afirmar que o total de votos do candidato NULO agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, observa-se que os dados agrupados geraram um arquivo com 5.684 (cinco mil, seiscentos e oitenta e quatro) registros.

Os dados apresentados anteriormente nas Tabelas de 35 a 45 podem ser resumidos na Tabela 47 e então teremos uma visão global dos resultados do teste Z e . $\chi 2$ para o 1º dígito da Lei de Benford nos dados eleitorais agrupados por Município.

Tabela 47 – Teste Z e χ2 para o 1º dígito da LB dos dados eleitorais agregados por Município

Dígito	Dilma	Zé Maria	Ivan	Eymael	Levy	Rui	Marina	Serra	Plinio	Branco	Nulo
1	1,46	0,72	4,61	2,67	2,22	27,78	0,49	3,16	2,01	1,15	0,19
2	2,23	2,91	6,70	3,73	5,88	4,15	3,68	3,05	1,12	2,48	0,68
3	1,17	3,41	4,75	3,59	3,59	2,48	0,01	3,73	0,55	0,17	0,17
4	2,36	3,21	0,58	0,41	1,66	7,36	1,95	1,69	1,72	0,22	0,82
5	1,00	0,02	3,69	0,09	1,64	8,82	1,87	0,08	1,34	0,69	0,13
6	0,39	2,31	5,23	3,76	3,71	10,33	2,23	1,46	2,03	0,35	1,64
7	0,80	1,90	3,92	4,34	5,29	10,22	2,83	0,67	0,15	0,66	1,99
8	0,37	4,82	6,81	3,97	5,30	9,41	0,35	1,62	0,67	0,21	1,79
9	1,06	6,80	6,31	5,23	5,54	8,87	1,90	2,52	0,15	0,20	1,11
χ2	15,12	102	208	102	145	1.041	34	41	13,38	7,37	11,93

Fonte: O autor, 2012

Ao se colocar em vermelho, os valores de Z que são maiores do que o ponto de corte deste teste, ou seja, os valores do teste Z que indicam uma não conformidade para um nível de significância de 5% (cinco por cento), tem-se a tabela 48 a seguir:

Tabela 48 – Resultados que apresentam divergência no Teste Z realçado, para um nível de significância de 5%

Dígito	Dilma	Zé Maria	Ivan	Eymael	Levy	Rui	Marina	Serra	Plinio	Branco	Nulo
1	1,46	0,72	4,61	2,67	2,22	27,78	0,49	3,16	2,01	1,15	0,19
2	2,23	2,91	6,70	3,73	5,88	4,15	3,68	3,05	1,12	2,48	0,68
3	1,17	3,41	4,75	3,59	3,59	2,48	0,01	3,73	0,55	0,17	0,17
4	2,36	3,21	0,58	0,41	1,66	7,36	1,95	1,69	1,72	0,22	0,82
5	1,00	0,02	3,69	0,09	1,64	8,82	1,87	0,08	1,34	0,69	0,13
6	0,39	2,31	5,23	3,76	3,71	10,33	2,23	1,46	2,03	0,35	1,64
7	0,80	1,90	3,92	4,34	5,29	10,22	2,83	0,67	0,15	0,66	1,99
8	0,37	4,82	6,81	3,97	5,30	9,41	0,35	1,62	0,67	0,21	1,79
9	1,06	6,80	6,31	5,23	5,54	8,87	1,90	2,52	0,15	0,20	1,11
χ2	15,12	102	208	102	145	1.041	34	41	13,38	7,37	11,93

Fonte: O autor, 2012

Ao observar a Tabela 48, verifica-se que diversos candidatos que apresentaram um Z maior do que o ponto de corte. Todos os candidatos apresentaram Z maior do que o ponto de corte, sendo que algum deles apresentaram um valor do χ2 aceitável – DILMA, PLINIO, BRANCO e NULO. Se fosse só analisar estes resultados, provavelmente concluir-se-ia que ou os dados eleitorais não seguem a Lei de Benford ou então que haveria manipulações em

quase todos eles. No caso do Brasil, esta segunda conclusão seria precipitada, visto que não houve nesta eleição de 2010 nenhuma alegação relevante de fraude.

Agora será feira a análise do 2º dígito para verificar a conformidade do mesmo à Lei de Benford. Mebane (2006) afirma que este teste é melhor do que o do 1º dígito. Já foi testado anteriormente nos dados agrupados por seção eleitoral e agora será feito o teste para o agrupamento de municípios.

Neste teste do 2º dígito para a Lei de Benford, o ponto de corte para um nível de significância de 5% (cinco por cento) e 9 (nove) graus de liberdade é o valor de 16,92 (dezesseis inteiros e noventa e dois centésimos), que pode ser obtido em livros de estatística ou pelo uso da função INV.QUI(0,05;9) do Microsoft® Excel® 2007.

Tabela 49 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato DILMA- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	693	683	0,407754
1	658	651	0,291433
2	625	621	0,170004
3	600	597	0,129735
4	587	573	0,616551
5	522	553	1,387001
6	511	534	1,045291
7	488	515	1,247230
8	521	500	0,983094
9	515	486	1,375181

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 49, os dados analisados estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Além disso, o valor do χ^2 (qui-quadrado) é igual a 7,36 (sete inteiros e trinta e seis centésimos) menor do que o ponto de corte de 16,92 (dezesseis inteiros e noventa e dois centésimos). Desta forma, podemos afirmar que o total de votos do candidato DILMA agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 50 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato ZÉ MARIA- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	579	4024	152,5975
1	552	127	19,21956
2	526	115	18,98274
3	504	110	18,54321
4	486	81	19,37048
5	468	92	18,28822
6	451	90	17,85179
7	437	64	18,70848
8	425	70	18,0307
9	409	62	17,9333

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 50, os dados analisados não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, maior do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Logo, o conjunto de dados não está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, o valor do χ^2 (qui-quadrado) é igual a 23.291,67 (vinte e três mil duzentos e noventa e um inteiros e sessenta e sete décimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato ZÉ MARIA agrupado por Município não está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 51 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato IVAN- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	538	4003	159,2066
1	512	100	19,34153
2	489	79	19,63854
3	470	60	19,98428
4	452	52	19,83703
5	435	39	19,97682
6	421	37	19,6571
7	406	51	18,4713
8	395	42	18,59626
9	382	37	18,45229

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 51, os dados analisados não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, maior do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Logo, o conjunto de dados não está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, o valor do χ^2 (qui-quadrado) é igual a 25.351,54 (vinte e cinco mil trezentos e cinqüenta e um inteiros e cinqüenta e quatro centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato IVAN agrupado por Município não está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 52 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato EYMAEL- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	572	3856	146,3274
1	546	136	18,64118
2	520	143	17,51051
3	500	129	17,53207
4	480	115	17,56331
5	464	83	18,61209
6	447	92	17,63405
7	433	79	17,83765
8	419	87	16,97902
9	408	69	17,5471

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da tabela 52, os dados analisados não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, maior do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Logo, o conjunto de dados não está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, o valor do $\chi 2$ (qui-quadrado) é igual a 21.417,26 (vinte e um mil quatrocentos e dezessete inteiros e vinte e seis centésimos), maior do que o ponto de corte de deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato EYMAEL agrupado por Município não está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 53 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato LEVY- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	571	4014	153,5608
1	543	130	18,82651
2	519	122	18,45857
3	499	105	18,63884
4	480	101	18,24016
5	461	60	19,64922
6	446	68	18,79844
7	432	64	18,56531
8	417	53	18,65867
9	405	57	18,07598

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 53, os dados analisados não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, maior do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Logo, o conjunto de dados não está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, o valor do $\chi 2$ (qui-quadrado) é igual a 23.588,07 (vinte e três mil quinhentos e oitenta e oito inteiros e 7 centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato LEVY agrupado por Município não está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 54 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato RUI- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	320	2524	131,3182
1	305	23	17,15566
2	292	23	16,6794
3	279	22	16,25804
4	268	14	16,35716
5	260	13	16,12244
6	249	18	15,37252
7	240	8	15,69678
8	235	13	15,16356
9	228	15	14,74931

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 54, os dados analisados não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade,

maior do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Logo, o conjunto de dados não está em conformidade com a Lei de Benford. Além disso, o valor do χ2 (qui-quadrado) é igual a 17.247,99 (dezessete mil duzentos e quarenta e sete inteiros e noventa e nove centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato RUI agrupado por Município não está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 55 - Resultado da LB para o 2º Dígito da Candidata MARINA- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	683	675	0,326218
1	650	626	0,999923
2	621	616	0,212516
3	597	613	0,691965
4	572	570	0,088147
5	553	572	0,850128
6	533	558	1,137183
7	515	485	1,385859
8	499	491	0,374861
9	486	510	1,138117

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 55, os dados analisados estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, menor do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Além disso, o valor do χ2 (qui-quadrado) é igual a 6,34 (seis inteiros e trinta e quatro centésimos), menor do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos da candidata MARINA agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 56 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato SERRA- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	683	743	2,44654
1	651	669	0,749405
2	621	643	0,935041
3	597	576	0,908168
4	573	594	0,924828
5	553	548	0,223707
6	534	496	1,727006
7	515	490	1,154842
8	500	489	0,514952
9	486	472	0,663878

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 56, os dados analisados estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua quase totalidade, menor do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Somente um valor está maior do que este ponto de corte – o dígito zero. Além disso, o valor do $\chi 2$ (qui-quadrado) para o candidato SERRA, agrupado por Município, é igual a 12,66 (doze inteiros e sessenta e seis centésimos), menor do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato SERRA, agrupado por Município, está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 57 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato PLINIO- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	674	1883	49,62806
1	643	547	4,02203
2	614	498	4,959034
3	588	471	5,098005
4	566	420	6,470002
5	545	384	7,255891
6	526	380	6,685208
7	510	374	6,314378
8	495	363	6,211753
9	479	321	7,546718

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 57, os dados analisados não estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, menor do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Além disso, o valor do χ2 (qui-quadrado) é igual a 2.477,53 (dois mil quatrocentos e setenta e sete inteiros e cinqüenta e três centésimos), maior do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato PLINIO agrupado por Município não está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 58 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato BRANCO- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	681	713	1,306956
1	648	643	0,208658
2	620	616	0,170181
3	594	585	0,390203
4	570	592	0,971424
5	551	531	0,896547
6	532	509	1,047345
7	514	483	1,433645
8	498	523	1,172779
9	486	494	0,379453

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 58, os dados analisados estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, menor do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Além disso, o valor do χ2 (qui-quadrado) é igual a 7,53 (sete inteiros e cinqüenta e três centésimos), menor do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato BRANCO agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford.

Tabela 59 - Resultado da LB para o 2º Dígito do Candidato NULO- Município

2º Digito	Contagem esperada	Contagem real	Z
0	680	724	1,798315
1	647	675	1,169353
2	619	582	1,575407
3	594	562	1,38747
4	569	575	0,265151
5	550	523	1,211379
6	532	553	0,956315
7	514	527	0,60123
8	497	490	0,328688
9	484	473	0,522747

Fonte: O autor, 2012

Como podemos observar da Tabela 59, os dados analisados estão em conformidade com a Lei de Benford para o 2º dígito. Os valores de Z estão, na sua totalidade, menor do que 1,96 (um inteiro e noventa e seis décimos). Além disso, o valor do $\chi 2$ (qui-quadrado) é igual a 10,89 (dez inteiros e oitenta e nove centésimos), menor do que o ponto de corte deste teste. Com os dados obtidos, podemos afirmar que o total de votos do candidato NULO agrupado por Município está em conformidade com a Lei de Benford.

Os dados apresentados anteriormente nas Tabelas de 49 a 59 podem ser resumidos na Tabela 60 e então teremos uma visão global dos resultados do teste Z e . $\chi 2$ para o 2º dígito da Lei de Benford nos dados eleitorais agrupados por Município.

Tabela 60 – Teste Z e χ2 para o 2º dígito da LB dos dados eleitorais agregados por Município

Dígito	Dilma	Zé Maria	Ivan	Eymael	Levy	Rui	Marina	Serra	Plinio	Branco	Nulo
0	0,41	152,60	159,21	146,33	153,56	131,32	0,33	2,45	49,63	1,31	1,80
1	0,29	19,22	19,34	18,64	18,83	17,16	1,00	0,75	4,02	0,21	1,17
2	0,17	18,98	19,64	17,51	18,46	16,68	0,21	0,94	4,96	0,17	1,58
3	0,13	18,54	19,98	17,53	18,64	16,26	0,69	0,91	5,10	0,39	1,39
4	0,62	19,37	19,84	17,56	18,24	16,36	0,09	0,92	6,47	0,97	0,27
5	1,39	18,29	19,98	18,61	19,65	16,12	0,85	0,22	7,26	0,90	1,21
6	1,05	17,85	19,66	17,63	18,80	15,37	1,14	1,73	6,69	1,05	0,96
7	1,25	18,71	18,47	17,84	18,57	15,70	1,39	1,15	6,31	1,43	0,60
8	0,98	18,03	18,60	16,98	18,66	15,16	0,37	0,51	6,21	1,17	0,33
9	1,38	17,93	18,45	17,55	18,08	14,75	1,14	0,66	7,55	0,38	0,52
χ2	7,36	23.292	25.352	21.417	23.588	17.248	15,51	12,66	2.478	7,53	10,89

Fonte: O autor, 2012

Ao se colocar em vermelho, os valores de Z que são maiores do que o ponto de corte deste teste, ou seja, os valores do teste Z que indicam uma não conformidade para um nível de significância de 5% (cinco por cento), tem-se a tabela a seguir:

Tabela 61 – Resultados que apresentam divergência no Teste Z para um nível de significância de 5% realçados

Dígito	Dilma	Zé Maria	Ivan	Eymael	Levy	Rui	Marina	Serra	Plinio	Branco	Nulo
0	0,41	152,60	159,21	146,33	153,56	131,32	0,33	2,45	49,63	1,31	1,80
1	0,29	19,22	19,34	18,64	18,83	17,16	1,00	0,75	4,02	0,21	1,17
2	0,17	18,98	19,64	17,51	18,46	16,68	0,21	0,94	4,96	0,17	1,58
3	0,13	18,54	19,98	17,53	18,64	16,26	0,69	0,91	5,10	0,39	1,39
4	0,62	19,37	19,84	17,56	18,24	16,36	0,09	0,92	6,47	0,97	0,27
5	1,39	18,29	19,98	18,61	19,65	16,12	0,85	0,22	7,26	0,90	1,21
6	1,05	17,85	19,66	17,63	18,80	15,37	1,14	1,73	6,69	1,05	0,96
7	1,25	18,71	18,47	17,84	18,57	15,70	1,39	1,15	6,31	1,43	0,60
8	0,98	18,03	18,60	16,98	18,66	15,16	0,37	0,51	6,21	1,17	0,33
9	1,38	17,93	18,45	17,55	18,08	14,75	1,14	0,66	7,55	0,38	0,52
χ2	7,36	23.292	25.352	21.417	23.588	17.248	15,51	12,66	2.478	7,53	10,89

Fonte: O autor, 2012

Ao observar a Tabela 61, verifica-se que todos os candidatos que apresentaram um Z maior do que o ponto de corte foram os candidatos com totais de votos menores do que 1% (um por cento) do total de votos da eleição, conforme já mostrado anteriormente, na tabela 10 e gráfico 3. Os valores de χ2 para os candidatos que apresentaram conformidade com a Lei de

Benford para o 2º dígito estavam menores do que ponto de corte deste teste. Este valor de ponto de corte é calculado para um nível de significância de 5% e 9 graus de liberdade.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo realizou uma busca através da bibliografia apresentada confrontando-se a teoria com os dados eleitorais da eleição para Presidente do Brasil no ano de 2010 para responder a seguinte questão:

Saber se é possível diminuir o risco de auditoria utilizando-se a Lei de Benford como uma ferramenta capaz de auxiliar o auditor na detecção da qualidade dos dados utilizados na auditora eleitoral sendo mais uma evidência à disposição do auditor.

Com o objetivo de determinar o ambiente de trabalho no qual se pretende inserir a teoria apresentada pela Lei de Benford, foi realizada uma busca a cerca do tipo de dados utilizados em uma votação para cargo majoritário.

Após a identificação dos fundamentos que norteiam uma votação eleitoral, procuramos analisar as conseqüências na deterioração de seus pilares de sustentação. Com isto, foi possível verificar, através do trabalho de Aerens, Beasley, Klein, Redman e tantos outros, as implicações, de se trabalhar com dados que não sejam confiáveis.

O desenvolvimento da informática possibilitou trabalhar com um volume maior de dados e informações, mas este aumento na capacidade de processamento e armazenamento não foi a solução para todos os problemas existentes. Na realidade, Redman nos ensina que antigos problemas são trocados por novos problemas com a implantação de sistemas informatizados. As etapas de um processo informatizado tendo início pela captura dos dados, conversão em diversos formatos, processamento e, finalmente, a apresentação nos revelam diversas oportunidades para alteração fraudulenta das características originais dos dados, colocando em risco a confiabilidade dos mesmos.

Beasley em sua pesquisa sobre as maiores deficiências do, em seguida, nos mostrou através de sua pesquisa, as maiores deficiências encontradas nos trabalhos de auditoria. Nela observa-se que a fonte da maioria dos problemas esta baseada na confiança do auditor. Esta é maior em relação aos controles internos e às evidências coletadas. Além disso, Beasley afirma que em 80% dos casos, as evidências coletadas se mostraram inadequadas, insuficientes ou subjetivas. Na maior parte dos casos, os auditores confiam em estimativas gerenciais sem absoluta certeza sobre a acurácia de tais estimativas.

Assim, na situação ideal, teríamos que ter uma inexistência de risco na emissão da opinião do auditor que, como a pesquisa nos mostra, está longe da situação real.

Com isto, é possível é importante abrir os horizontes, trazendo novas ferramentas que auxiliem o auditor na emissão de seu parecer com decisões fundamentadas tecnicamente, o expondo menos ao subjetivismo.

O fenômeno da anomalia das probabilidades, descoberto por Newcomb em 1881, e analisado em profundidade por Benford em 1938, foi trazido para o meio contábil de uma forma mais intensa por Mark Nigrini, o qual desenvolveu várias aplicações nas áreas públicas e privadas, com a utilização de técnicas estatísticas.

A utilização desta técnica, conjuntamente com a Lei de Benford, permite verificar a disfunção dos dados. Principalmente onde seja difícil encontrar dados confiáveis para realizar uma comparação. Logo, quando um conjunto de dados está em conformidade com as probabilidades esperadas dos dígitos, conforme Benford preconiza. Podemos afirmar, com alto grau de certeza, que os dados não se encontram alterado por qualquer tipo de manipulação ou regra pré-definida. Ou seja, os dados foram gerados ou formados por uma origem completamente aleatória, sem a intervenção humana.

Deste modo, de acordo com o que foi visto, ao utilizar o teste proposto, podemos, dependendo do resultado, afirmar que os dados são confiáveis e dar uma maior garantia ao auditor para a emissão do seu parecer. Ou seja, que quaisquer inferências analisadas serão confiáveis uma vez que os dados não são fraudulentos.

Esta pesquisa finaliza-se com a análise de dados das eleições majoritárias para Presidente da República, no ano de 2010, no Brasil. A pesquisa procura aumentar a evidência na verificação da aplicabilidade da Lei de Benford como sendo um método eficaz de análise de dados permitindo ao auditor detectar erros nos dados e mesmo fraudes.

Ao longo do trabalho foi possível verificar a importância que o auditor deve dar a qualidade dos dados que irá utilizar e as implicações em se utilizar dados que não são confiáveis. Possíveis disfunções nos dados podem mascarar resultados. Além disso, mostrou-se a importância que é para a Sociedade saber se sua decisão – o voto – foi plenamente registrada no resultado final, sem nenhuma manipulação indevida.

Não se espera com isto que a Lei de Benford seja um exame definitivo de qualidade dos dados, mas que venha auxiliar o auditor como demonstrado por vários outros pesquisadores (Hill, Nigrini, Santos, Diniz) como uma poderosa ferramenta de análise. A Lei de Benford fornece uma freqüência esperada para os dígitos. A questão é que dados que estejam com alguma disfunção, seja por fatores humanos ou por algum tipo de erro, possam

ser detectados por alguma ferramenta analítica. Esta distorção é identificada e mensurada pelos testes estatísticos de hipóteses e de aderência. De uma maneira geral, quando ocorre um desvio entre os dados e a frequência esperada, indica que os números sofreram algum tipo de interferência ou que possuam algum tipo de característica especial.

Os resultados apresentados mostram que alguns candidatos, com votações registradas em quase todos os municípios, tiveram seus totais de votos por município em não conformidade com a Lei de Benford para o 1º dígito. O teste de conformidade para o 2º dígito da Lei de Benford nos dados agrupados por seção eleitoral, não apresentaram conformidade para nenhum dos candidatos. Conforme Mebane (2006) tinha afirmado, o teste do 2º dígito era mais adequado em determinado agrupamento eleitoral. No nosso caso, pelos resultados apresentados, o agrupamento mais adequado seria em nível de Município.

Certamente não podemos chegar a nenhuma conclusão definitiva sobre a existência ou não de manipulação dos dados, mas certamente já se iniciou uma amostra das inúmeras possibilidades de análise da votação dos candidatos. Sugere-se que sejam feitos diversos outros testes em eleições diversas e cargos distintos com dois ou mais candidatos de forma a validar as conclusões encontradas nesta pesquisa. Outros agrupamentos de dados deverão ser utilizados para verificar qual seria a melhor configuração para o teste, como por exemplo, por Zona Eleitoral ou por Estado. Também acreditamos ser necessária uma análise estatística mais detalhada dos dados que serão analisados para uma melhor avaliação dos resultados encontrados.

Vale lembrar que a Sociedade, cada vez mais, exige respostas mais precisas do auditor e a preocupação com fraudes e manipulações não deve ser deixada de lado. O auditor deve ter em mente que sempre será, num primeiro momento, responsabilizado por qualquer imprecisão no seu parecer, e por isto deve buscar novos métodos para se precaver desse risco, funcionando como uma ferramenta de validação e de diagnóstico.

A utilização da Lei de Benford conjuntamente com testes estatísticos, permite ao auditor: coletar uma primeira impressão da sua base de informações, identificar anomalias na formação dos dados e; fornecer uma maior tecnicidade para a fundamentação de sua opinião e uma maior consistência ao parecer.

REFERÊNCIAS

ACFE. 2010 Report to the Nations on occupational Fraud and Abuses. Disponível em http://www.acfe.com. Acesso em 10/06/2011.

ADHIKARI, A. K., SARKAR, B. P. Some results on the distribution of the most significant digit. *Sankhya Series B (Indian Journal of Sratistics)* 31, 1969.

ALVES, Mauro A., LYRA, Cássia S. Manchas Solares e a Lei de Newcomb-Benford. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*, nº6, p. 21-31, 2008.

BALANZARIO, Eugênio P., ORTIZ, Jorge Sánches. Sufficient conditions for Benford's Law. *Statistics and Probability Letters*, nº 80, 2010, p. 1713-1719.

BEASLEY, M.S, Carcello, Joseph V., Hermanson, Dana R.. Top 10 Audit Deficiences, *Journal of Accountancy*, April 2001.

BECKER, Peter W. Patterns in listing of failure-rate & MTTF values and listing of other data. *IEEE Transactions on Reliability* R-31, 1982.

BENJAMINI, Yoav, HOCHBERG, Yosef. Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series B 57 (1): 289–300, 1995.

BOYLE, Jeff. Na application of fourier series to the most significant digit problem. *Americam Mathematical Monthly*, 101, 1994.

BRASIL, Código Penal Brasileiro. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940.

_____, Decreto nº 842, de 19 de setembro de 1855.

_____, Tribunal Regional Eleitoral de Santa Catarina, Histórico da Justiça Federal. Disponível em http://www.tre-sc.gov.br/site/institucional/historico-da-justica-eleitoral-no-brasil/index.html. Acesso em 05/06/2011.

_____, Tribunal Superior Eleitoral, Cronologia das Eleições, 2010, Disponível em http://www.tse.jus.br/eleicoes/cronologia-das-eleicoes, acesso em 15/09/2011.

_____, Tribunal Superior Eleitoral, Normas e Documentações das Eleições, 2010, Disponível em http://www.tse.jus.br/eleicoes/eleicoes-anteriores/eleicoes-2010/normas-e-documentacoes-eleicoes-2010. Acesso em 15/09/2011.

_____, Decreto nº 2848, de 07 de dezembro de 1940. Código Penal. Disponivel em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Decreto-Lei/Del2848.htm. Acesso em: 10/11/2011.

BURKE, John, KINCANON, Eric. Benford's Law and physical constants: The distribution of initial digits. *American Journal of Physics* 59, 1991.

CAMPANARIO, Juan Miguel, COSLADO, María Angeles. Benford's Law and citations, articles and impact factors of scientific journals. *Scientometrics*, 88, 2011, p. 421-432.

CÂNDIDO, Joel José. *Direito eleitoral brasileiro*. São Paulo: Edipro, 2006.

CARSLAW, Charles A. P. N. Anomalies in income numbers: Evidence of goal orientated behavior. *The Accounting Review,* April, 1988.

CHRISTIAN, Charles W., GUPTA, Sanjay. New evidence on Secondary Evasion. *The Journal of the American Taxation Association* (Spring), 1993.

CLEARY, Richard, THIBODEAU, Jay C. Applying Digital Analysis Using Benford.s Law to Detect Fraud: The Dangers of Type I Errors. *Auditing: A Journal of Practice & Theory, 2005,* Vol. 24, No. 1, p. 77.81.

CMIND, 1º Relatório sobre o Sistema Brasileiro de Votação Eletrônica- 2010. Disponível em http://www.brunazo.eng.br/voto-e/textos/RelatorioCMind.htm. Acesso em 10/11/2011.

COLLIS, Jill, HUSSEY, Roger. Pesquisa em Administração. 2 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE, Resolução nº 836/99, NBC-T 11, IT 3. Fraude e Erro, 1999.

CORRAR, Luiz J.. PAULO, Edilson. FILHO, José Maria D.. *Análise Multivariada.* Rio de Janeiro: Ed. Atlas, 2009.

DICIONÁRIO ON LINE DE PORTUGUES. Disponível em http://www.dicio.com.br/fraude. Acesso em 10/11/2011.

FELDMAN, Ariel J., HALDERMAN, Alex J., FELTEN, Edward W. Security Analysis of the Diebold AccuVote-TS Voting Machine, 2006. Disponível em http://citpsite.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/oldsite-htdocs/voting/. Acesso em 20/01/2012.

FERREIRA, Manoel Rodrigues. *A evolução do sistema eleitoral brasileiro*. Brasília: Senado Federal, 2001.

FELLER, William. *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*. 2ª ed. Ney York: John Wiley and Sons, 1966.

FLEHINGER, B. J. On the probability that a random integer has initial digit "A". *American Mathematical Monthly* 73, 1966.

FURRY, W. H. HURWITZ, HENRY. Distribution of numbers and distribution of significant figures. London: *Nature 155*, 1945.

GORDON B Moore; Colin O Benjamin. Using Benford's Law for Fraud Detection**,** *Internal Auditing*; Jan/Feb 2004; 19, 1; ABI/INFORM Global

GOUDSMIT, S. A. FURRY, W. H. Significant figures of numbers in statistical tables. London: *Nature 154*, 1944.

GOUDSMIT, S. A. Pitfalls in elementary probability. *Proceedings Of the American Philosophical Society* 121, 1977.

GOOD, I. J. Letter to the editor. *The American Statistician,* 1965.

GUMBEL, Andrew. *Steal This Vote*. New York: Nation Books, 2005.

GÜNNEL, Stefan, TÖDTER, Karl-Heins. Does Benford Law hold in economic research and forecasting? *Springer Science+Business Media*, LLC, 2008.

HAMMING, R. W. On the distribution of numbers. *The Bell System Technical Journal* 49, 1970.

HARRIS, Joseph P. *Election Administration in the United States*. Washington, DC: Brookings Institution, 1934.

HAUGEN, S., SELIN, J.R.. Identifying and controlling computer crime and employee fraud, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 99 No. 8, 1999, p. 340-344, 1999.

HICKMAN, Mathew J., RICE, Stephen K., Digital Analysis of Criminal Statistic: Does Crime Conform to Benford Law? *J Quant Criminol*, nº 26, 2010, p. 333-349.

HILL, T. A statistical derivation of the significant-digit law. *Statistical* Science (4), 1996.

HILL, T. Random-number guessing and the first digit phenomenon. *Psychological Reports*, Vol. 62, 1988.

JOBIM, Nelson; PORTO, Walter Costa. *Legislação eleitoral no Brasil*: do século XVI aos nossos dias. Brasília: Senado Federal, 1996.

JOLION, Jean-Michel. Images and Benford's Law. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, nº 14, 2001, p. 73-81.

KLEIN, B.D., ROSSIN, D.F. Data quality in neural network models: effect of error rate and magnitude of error on predictive accuracy. *Omega*, Vol. 27, Number 5, October 1999, p. 569-582.

KLEIN, B.D., Rossin, D.F. Data quality in linear regression models, *Informing Science*, Vol. 2, No. 2, 1999 .

KPMG. Forensic.Fraud Survey 2003. EUA: KPMG, 2004.

KROLL, Fraude e corrupção no Brasil, 2003, Disponível em http://www.krollamericalatina.com/pesquisasrelatorios/. Acesso em 14/08/2011.

LAKATOS, Eva M., MARCONI, Marina A. *Metodologia Científica*, São Paulo: Atlas, 1994.

LEHOUCQ, Fabrice. Electoral Fraud: Causes, Types, and Consequences. *Annual Review of Political Science*, Vol. 6, Junho 2003, p.233-256.

NELSON, Lloyd S. Technical aids. *Journal of Quality Technology* 16, 1984.

NIGRINI, M. J. Using digital frequencies to detect fraud. *The White Paper* (april/May), 1994.

_____, M. J., MITTERMAIER, Linda J. The use of Benford's Law as an aid in analytical procedures. *Auditing: A Journal of Pratice and Theory* 16, 1997.

_____, M. J. *Digital Analysis Using Benford´s Law*: Tests Statistics for Auditors. Canada: Global Audit Publication, 2000.

_____, M. J., MILLER, Steven J. Benford's Law Applied to Hydrology Data-Results and Relevance to Other Geophysical Data, *International Association of mathematical Geology*, nº 39, 2007, p. 469-4901.

_____, M. J., DRAKE, Philip. Page Software: A digital analysis application using internet technology. Working Paper, Thunderbird University, 1999.

PRATCHETT, L. *The Implementation of Electronic Voting in the UK*, De Montfort University of Essex,2002.

PINKHAM, Roger S. On the Distribution of first significant digits. *Annals of Mathematical Statistics 32*, 1961.

PRICEWATERHOUSECOOPERS. Key Elements of Antifraud Programs and Controls, *A White Paper*, 2003.

RAIMI, Ralph A. On the distribution of significant figures. *American Mathematical Monthly* 76, 1969.

RAIMI, Ralph A. The peculiar distribution of first digits. *Scientific American* 221, 1969.

RAIMI, Ralph A. The First Digit Problem. *American Mathematical Monthly 83,* 1976.

RAIMI, Ralph A. The first digit phenomenon again. *Proceedings of the American Philosophical Society* 129, 1985.

REDMAN, Tomas C. The Impact of Poor Data Quality on The Typical Enterprise, *Communications of the ACM*, 1998, p.79-82.

ROSS, Kenneth, A.. Benford's Law, A Growth Industry.EUA: *The American Mathematical Monthly*, August-September, 2011.

RUBIN, Aviel D. *Brave New Ballot*. New York: Morgan Road Books, 2006.

SALTMAN, Roy G. *The History and Politics of Voting Technology*. New York: Palgrave Macmillan, 2006.

SANTOS, Josenildo, et al. *Uma anomalia da teoria das probabilidades na contabilometria: uma medida para análise de dados no campo de auditoria*. ANPAD, 2003.

_____, Josenildo, et al., Aplicações da lei de Newcomb-Benford na auditoria tributária do imposto sobre serviços de qualquer natureza (ISS), Revista Contabilidade & Finanças, USP, São Paulo, v. 20, n. 49, p. 79-94, janeiro/abril 2009

_____, Santos dos, DINIZ, Josedilton A., CORRAR, Luiz J. O Foco é a Teoria Amostral nos Campos da Auditoria Contábil Tradicional e da Auditoria Digital: testando a Lei de Newcomb-Benford para o primeiro dígito nas contas públicas, Vitória – ES: *Brazilian Business Review*, vol. 2, nº 1, janeiro/junho 2005, p. 71-89.

SAS 99. , Consideration of Fraud in a Financial Audit. *Statement on Auditing Standards*, 1999. Disponível em http://www.aicpa.org. Acesso em 15/07/2011.

SILVA, Hélio. *As Constituições do Brasil.* Rio de Janeiro: Lidador, 1985.

SILVA, José Afonso da, *Curso de direito constitucional positivo*. São Paulo: Malheiros, 1993.

SOARES, Hilda Braga. *Sistemas Eleitorais do Brasil (1821 - 1998)*. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas - Senado Federal, 1990.

SOUSA, Edvaldo Ramos e. *A Justiça Eleitoral de 1932 ao Voto Eletrônico*. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Infobook, 1996.

TSAO, Nai-kuan. On the distribution of significant digits and round off errors. *Communications of the Association for Computing Machinery* 17, 1974.

TIPGOS, Manuel A.Why Management Fraud is unstoppable. *The CPA Journal*, December 2002, p. 34-41.

VARIAN, Hal R. Benford's Law. *The American Statisticians* 23, 1972.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

WELLS, Joseph T. Why Employees Commit Fraud. *Journal of Accountancy*, 2001. Disponível em http://www.journalofaccountancy.com/issues/2001/feb/whyemployeescommitfraud. Acesso em 10/11/2011.