



LEANDRO MARQUES DE SÁ

**APLICAÇÃO DA LEI DE BENFORD E CURVA ABC NA
SELEÇÃO DE ITENS DE AUDITORIA PARA DETECÇÃO DE
INDÍCIOS DE FRAUDES NO ÂMBITO DA AUDITORIA
INTERNA GOVERNAMENTAL: OPERAÇÃO SANGUE FRIO.**

**LAVRAS - MG
2020**

LEANDRO MARQUES DE SÁ

**APLICAÇÃO DA LEI DE BENFORD E CURVA ABC NA SELEÇÃO DE ITENS DE
AUDITORIA PARA DETECÇÃO DE INDÍCIOS DE FRAUDES NO ÂMBITO DA
AUDITORIA INTERNA GOVERNAMENTAL: OPERAÇÃO SANGUE FRIO.**

Artigo apresentado à Universidade Federal de Lavras – UFLA, como parte das exigências do curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Controle, Detecção e Repressão a Desvios de Recursos Públicos.

Doutor Adriano Viana Bednaski
Orientador

**LAVRAS - MG
2020**

LEANDRO MARQUES DE SÁ

APLICAÇÃO DA LEI DE BENFORD E CURVA ABC NA SELEÇÃO DE ITENS DE AUDITORIA PARA DETECÇÃO DE INDÍCIOS DE FRAUDES NO ÂMBITO DA AUDITORIA INTERNA GOVERNAMENTAL: OPERAÇÃO SANGUE FRIO.

APPLICATION OF THE BENFORD LAW AND ABC CURVE IN THE SELECTION OF AUDIT ITEMS FOR DETECTION OF FRAUD INDICATIONS IN THE FRAMEWORK OF GOVERNMENT INTERNAL AUDIT: “SANGUE FRIO” OPERATION.

Artigo apresentado à Universidade Federal de Lavras – UFLA, como parte das exigências do curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Controle, Detecção e Repressão a Desvios de Recursos Públicos.

APROVADO em ____/____/____.

Membro da Banca 1

Membro da Banca 2

Membro da Banca 3

Doutor Adriano Viana Bednaski
Orientador

**LAVRAS - MG
2020**

*A meus filhos e esposa – Ingrid, Miguel e Simone –
por serem o brilho dos meus olhos,
À minha mãe – Maria de Fátima –
por ser o início de tudo,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente à Diretoria de Educação à Distância – DIRED/UFLA, pela oportunidade proporcionada a buscar conhecimento e refinamento intelectual. À Pró-Reitoria de Pós-Graduação, à Coordenação de Recursos Educacionais, na pessoa do Professor Marcelo Márcio Romaniello, à Secretaria Geral de Pós-Graduação e a todos os funcionários da UFLA, que sempre estiveram à disposição para orientação e auxílio na solução dos problemas acadêmicos.

À Controladoria-Geral da União – CGU por ter proporcionado a todos os servidores interessados a oportunidade de participar do processo seletivo deste curso de pós-graduação que ora se encerra, não medindo esforços para os selecionados participarem de todos os encontros presenciais, na certeza de que os frutos desse investimento serão colhidos dentro da própria casa.

Aos professores e ministrantes das aulas presenciais que, para tanto, na sua maioria, tiveram de enfrentar horas de viagem de suas cidades para transmitir aos acadêmicos seus conhecimentos e experiências profissionais, e até pessoais, sobre os temas abordados.

Aos colegas dos cinco órgãos participantes que, assim como eu, se dispuseram a dedicar parcelas de suas vidas, privando-se do convívio com suas famílias, para compartilhar conhecimentos e, com respeito e compreensão, discutir pontos de vistas divergentes no intuito de alcançar o consenso para a integração das ações de combate à corrupção e aos desvios de recursos públicos.

Por fim, e não menos importante, ao meu orientador, Dr. Adriano Viana Bednaski, pela atenção e confiança em mim depositadas durante todo o processo de orientação.

RESUMO

O presente trabalho buscou analisar a combinação entre a técnica da curva ABC e o modelo da Lei de Benford para selecionar amostras de fornecedores de bens e serviços para posterior aplicação de testes de auditoria com vistas a detectar fraudes ou impropriedades na execução financeira de contratos. Para tanto, definiu-se como metodologia um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e de caráter descritivo, uma vez que o objeto de estudo, quais sejam as notas de empenho das despesas emitidas nos anos de 2011 e 2012 pelo Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian (HUMAP), foi convenientemente escolhido por corresponder à entidade da administração pública e ao período para os quais o Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 da Controladoria-Geral da União registrara práticas de liquidação irregular das despesas e de superfaturamento junto a sete empresas fornecedoras naquele Hospital – materializando-se para os objetivos específicos deste trabalho como casos de fraude conhecidos, ou seja, de fornecedores cuja execução financeira dos contratos é sabidamente irregular –, identificadas em razão de ação de controle demanda pela Superintendência Regional do Departamento de Polícia Federal no Estado do Mato Grosso do Sul com base em denúncias e diligências policiais, a partir do qual se deflagraria a Operação SANGUE FRIO naquele nosocômio. Como objetivos específicos a serem perseguidos na pesquisa, foi estabelecido avaliar a obtenção de amostras (fornecedores) segundo quatro métodos distintos – pela curva ABC, pelo modelo da Lei de Benford e por dois métodos combinados destas técnicas – em selecionar os fornecedores cujas execuções financeiras dos contratos eram sabidamente irregulares. Ao cabo do trabalho – por meio de análise comparativa entre o tamanho das amostras obtidas e a capacidade de selecionar os fornecedores irregulares conhecidos –, os métodos combinados das técnicas da curva ABC e do modelo da Lei de Benford se apresentaram mais acurados do que os outros dois métodos isolados. No entanto, uma vez que se desconhece do conjunto de dados analisados a real extensão de fornecedores cuja execução contratual das despesas tenha se realizado de maneira irregular ou mesmo fraudulenta, as medidas de desempenho foram utilizadas apenas como critérios comparativos entre as amostras estudadas. Ademais, porquanto o estudo limitou-se ao um caso individual, os resultados não foram extrapolados estatisticamente. Espera-se que a pesquisa, todavia, possa contribuir para a proposição de novos estudos.

Palavras-chave: Auditoria interna, amostra, fraude, curva ABC, Lei de Benford.

ABSTRACT

The present work sought to analyze the combination between the ABC curve technique and the Benford Law model to select samples of suppliers of goods and services for subsequent application of audit tests in order to detect fraud or improprieties in the financial execution of contracts. To this end, a case study of an applied nature was defined as a methodology, with a quantitative and descriptive approach, since the object of study, which are the commitment notes of expenses issued in the years 2011 and 2012 by the University Hospital Maria Aparecida Pedrossian (HUMAP), was conveniently chosen because it corresponds to the public administration entity and the period for which the External Demands Report No. 00211.000509 / 2012-19 of the Office of the Comptroller General of the Union had recorded practices of irregular settlement of expenses and overpricing together with seven supplier companies in that Hospital - materializing for the specific objectives of this work as known cases of fraud, that is, of suppliers whose financial execution of the contracts is known to be irregular -, identified due to the demand control action by the Regional Superintendence of the Federal Police Department in the State of Mato Grosso do Sul based on complaints and police actions, from which Operation Cold Blood would start in that hospital. As specific objectives to be pursued in the research, it was established to evaluate the obtaining of samples (suppliers) according to four distinct methods - by the ABC curve, by the model of Benford's Law and by two combined methods of these techniques - in selecting the suppliers whose financial executions of the contracts were known to be irregular. At the end of the work - by means of a comparative analysis between the size of the samples obtained and the ability to select the known irregular suppliers -, the combined methods of the ABC curve techniques and the Benford Law model were more accurate than the others two isolated methods. However, since the set of data analyzed is not aware of the actual extent of suppliers whose contractual execution of expenses was carried out in an irregular or even fraudulent manner, performance measures were used only as comparative criteria between the samples studied. Furthermore, because the study was limited to an individual case, the results were not statistically extrapolated. It is hoped that the research, however, can contribute to the proposition of new studies.

Keywords: Internal audit, sample, fraud, ABC curve, Benford's Law.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos.....	10
1.2	Justificativa	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Auditoria Interna Governamental.....	11
2.2	Fraude e Erro	12
2.3	Seleção de itens de auditoria	13
2.4	Curva ABC.....	14
2.5	Lei de Benford	16
3	METODOLOGIA	18
3.1	Métodos para seleção das amostras de auditoria	21
3.1.1	Seleção da amostra segundo o método da Curva ABC.....	21
3.1.2	Seleção da amostra segundo método da Lei de Benford.....	21
3.1.3	Seleção da amostra segundo a combinação dos métodos da Lei de Benford e curva ABC.....	25
3.2	Método para avaliação do desempenho das amostras de auditoria	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Resultado da amostra pelo método da curva ABC	30
4.2	Resultado da amostra pelo método da Lei de Benford	31
4.2.1	Resultado dos testes estatísticos para o Teste dos Dois Primeiros Dígitos...32	
4.2.2	Resultado do Teste da Soma.....	34
4.3	Resultado das amostras pelos métodos combinados da Lei de Benford e curva ABC	38
4.4	Avaliação do desempenho de seleção das amostras	39
5	CONCLUSÃO	43
6	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Os auditores internos brasileiros estão mais preocupados do que profissionais de outras partes do mundo com práticas relacionadas à integridade corporativa e à prevenção e identificação de fraudes. É o que aponta pesquisa global publicada pela Deloitte em parceria com o Instituto dos Auditores Internos do Brasil (2016). O levantamento identificou que, para os auditores internos brasileiros, as qualificações em prevenção e detecção de fraudes (70%), análise de dados (67%) e modelos de riscos (66%) tenderiam a ser as mais demandadas para a área de auditoria interna ao longo dos três a cinco anos seguintes. Já em nível mundial, a pesquisa mostrou que a prevenção e detecção de fraude era considerada importante para 63% dos auditores; a análise de dados, para 69%; e os modelos de risco, para 46% (DECLOEDT, 2016).

No âmbito do Poder Executivo Federal, além das competências relacionadas à função típica de auditoria interna governamental – avaliação e consultoria –, a Lei nº 10.180, de 06 de fevereiro de 2001, também contempla para os órgãos e unidades do Sistema de Controle Interno (SCI) a apuração de atos ou fatos inquinados de ilegais ou irregulares, praticados por agentes públicos ou privados, na utilização de recursos públicos federais. Assim, a auditoria interna governamental do Poder Executivo Federal abrange tanto atividades típicas de avaliação e consultoria sobre processos de governança, gestão de riscos e controles internos; quanto atípicas de apuração de atos ilegais e irregulares.

Segundo o Conselho Federal de Contabilidade (CFC, 2016b), os auditores devem determinar meios eficazes para a seleção de itens a serem testados, de forma a obter evidências apropriadas e suficientes que lhes possibilitem atingir conclusões razoáveis e opiniões fundamentadas. Os meios disponíveis aos auditores para a seleção de itens a serem testados constituem, além da seleção integral, a seleção de itens específicos e a amostragem de auditoria.

O desafio, portanto, exige que auditores internos governamentais persigam e desenvolvam métodos de análise e critérios de seleção capazes de detectar, a partir de determinado objeto de auditoria, situações ou transações relevantes e potencialmente fraudulentas, sobre as quais sejam posteriormente aplicados testes específicos de auditoria, de forma a se evidenciar o ilícito ou a irregularidade.

Uma técnica amplamente utilizada para seleção de itens específicos em auditoria constitui a curva ABC – também conhecida como Análise de Pareto ou Regra 80/20 –, adotada formalmente pelo Departamento de Polícia Federal (BRASIL, 2010) e pelo Tribunal de Contas

da União (BRASIL, 2012a), e indicada pelo Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP, 2012).

Uma outra opção quantitativa para seleção de itens específicos, porém segundo aspectos críticos do objeto auditado, seria considerar uma anomalia probabilística descrita pela Lei de Benford – ou de Newcomb-Benford ou dos Números Anômalos ou dos Primeiros Dígitos –, a qual contraria a hipótese de que os primeiros dígitos que compõem os números se repetem em proporções iguais na natureza, “numa contribuição direta à auditoria contábil, mais especificamente na detecção de desvios padrões e formação da amostra a ser auditada” (COSTA, 2012, p. 42-43).

Em seu estudo sobre critério de seleção amostral no processo de auditoria fiscal, Vieira (2014) considerou que a Lei de Benford é aplicável de forma complementar às técnicas já praticadas pela administração fazendária, podendo evidenciar estatisticamente um ponto de corte ou uma seleção mais direcionada.

Nesse sentido, Cunha (2013) havia concluído que a seleção amostral obtida da aplicação da Lei de Benford sobre os itens de serviço que compõem as planilhas de obras públicas pode ser rebatida ou contraposta aos resultados da curva ABC, de modo a direcionar o olhar do auditor a valores com maior probabilidade de apresentar impropriedades, consistindo-se em uma nova ferramenta de seleção de amostra de auditoria.

Do resultado da aplicação da Lei de Benford, a partir de 6.392 notas de empenho emitidas por uma prefeitura municipal brasileira, Zanchettin (2018, p. 80) verificou que “a amostra elaborada a partir da Lei de Benford possui uma maior quantidade de elementos e valor amostral menos representativo, se comparado com o método de amostragem da Curva ABC”, concluindo que, para se evitar uma amostra de tamanho excessivo, deve-se utilizar a metodologia de Benford de maneira subsidiária à da Curva de Pareto.

Todavia, uma vez que a desconformidade de um conjunto de dados à Lei de Benford pode advir de inúmeras causas não necessariamente relacionadas à fraude – como erros, ruídos ou ineficiência operacional –, Durtschi, Hillison e Pacini (2004) escrevem que a Lei de Benford não constitui forma infalível de detecção de fraudes; seu valor está no uso como um meio para sinalizar contas ou registros para análise ou investigações adicionais.

Um auditor que decide confiar nos resultados da análise dos primeiros dígitos para detectar fraudes está tomando uma decisão na presença de dois tipos de incerteza. Primeiro, não se sabe exatamente o quão precisa será essa análise com os dados reais. Em segundo lugar, não se sabe qual é a probabilidade básica de fraude. (DURTSCHI, HILLISON e PACINI, 2004, p. 28)

Assim, a questão que se coloca é essa: supondo uma auditoria regular – sem o acesso prévio a informações privilegiadas a partir de denúncias ou de meios investigativos de obtenção de provas, para se apontarem fornecedores ou contratos potencialmente irregulares ou fraudulentos a serem testados –, uma combinação entre a técnica da curva ABC e o modelo da Lei de Benford seria adequada para selecionar amostras de fornecedores na detecção de irregularidades ou fraudes em contratos da Administração Pública a partir dos seus valores empenhados?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a combinação entre as técnicas da curva ABC e do modelo da Lei de Benford como forma de seleção de fornecedores para eventual aplicação de testes de auditoria com vistas à detecção de fraudes ou impropriedades na execução financeira de contratos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a amostra de auditoria obtida a partir da técnica da curva ABC quanto à seleção de fornecedores cuja execução financeira dos contratos fora considerada irregular segundo ações de controle já realizadas;

Avaliar a amostra de fornecedores obtida a partir do modelo da Lei de Benford quanto à seleção de fornecedores cuja execução financeira dos contratos fora considerada irregular segundo ações de controle já realizadas;

Avaliar as amostras de fornecedores obtidas a partir da combinação entre a técnica de curva ABC e o modelo da Lei de Benford quanto à seleção de fornecedores cuja execução financeira dos contratos fora considerada irregular segundo ações de controle já realizadas.

1.2 Justificativa

A Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2010), para o exercício de 2008, projetara o custo médio anual da corrupção no Brasil entre 1,38% e 2,3% do Produto Interno Bruto (PIB). Considerando ser de R\$7,3tri o PIB brasileiro para 2019, segundo o

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), estima-se que o prejuízo causado pela corrupção possa representar nesse ano algo entre R\$100,7bi e R\$167,9bi.

O Relatório Global de Fraude e Risco (KROLL, 2017), que avaliou o ambiente de fraudes a partir de entrevistas realizadas junto a executivos de alto-escalão de diversos setores no mundo inteiro, aponta que 82% dos entrevistados relataram ter identificado em 2016 ao menos um incidente de fraude em suas empresas.

No âmbito tanto das entidades públicas quanto privadas, faz-se necessário, portanto, o desenvolvimento de meios de controle associados à identificação de eventos potencialmente fraudulentos ou irregulares no combate tanto à corrupção quanto ao desvio ou desperdício de recursos de diversas naturezas.

Nesse sentido, o estudo visa a contribuir, de maneira aplicada, na discussão sobre a adoção da Lei de Benford para selecionar amostras de auditoria cujos elementos selecionados sugeriram maior risco de manipulação ou intervenção humana como erros e fraudes, de forma a tornar os procedimentos de auditoria mais eficientes e céleres; e, conseqüentemente, os custos do controle menos onerosos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreensão do assunto e realização do trabalho de pesquisa são estabelecidos os conceitos e definição de auditoria interna governamental, de erro e fraude, de seleção de itens de auditoria, da Curva ABC e da Lei de Benford.

2.1 Auditoria Interna Governamental

Segundo a Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2017), a atividade de auditoria interna governamental no Poder Executivo Federal é exercida pelo conjunto de Unidades de Auditoria Interna Governamental (UAIG) elencadas a seguir:

a) Secretaria Federal de Controle Interno (SFC) e as Controladorias Regionais da União nos estados, que fazem parte da estrutura da Controladoria-Geral da União (CGU);

b) Secretarias de Controle Interno (Ciset) da Presidência da República, da Advocacia-Geral da União, do Ministério das Relações Exteriores e do Ministério da Defesa, e respectivas unidades setoriais;

c) auditorias internas singulares (Audin) dos órgãos e entidades da Administração Pública Federal Direta e Indireta; e

d) o Departamento Nacional de Auditoria do Sistema Único de Saúde (Denasus) do Ministério da Saúde.

De acordo com o Referencial Técnico da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal, a Auditoria Interna Governamental é uma atividade independente e objetiva de avaliação e de consultoria, desenhada para adicionar valor e melhorar as operações de uma organização. Deve buscar auxiliar as organizações públicas a realizarem seus objetivos, a partir da aplicação de uma abordagem sistemática e disciplinada, baseada em risco¹, para avaliar e melhorar a eficácia dos processos de governança, de gerenciamento de riscos e de controles internos (BRASIL, 2017).

No âmbito do Poder Executivo Federal, além das funções típicas de auditoria interna governamental – de avaliação e consultoria –, a Lei nº 10.180, de 06 de fevereiro de 2001, também contemplou para os órgãos e as unidades do Sistema de Controle Interno (SCI) a apuração de atos ou fatos inquinados de ilegais ou irregulares, os quais constituem erro ou fraude, praticados por agentes públicos ou privados, na utilização de recursos públicos federais (BRASIL, 2017).

A atuação do SCI incide sobre todos os órgãos e entidades do Poder Executivo Federal, incluindo as empresas estatais e qualquer pessoa física ou jurídica que utilize, arrecade, guarde, gerencie ou administre dinheiros, bens e valores públicos sob a responsabilidade do Poder Executivo Federal (BRASIL, 2017).

Em atividades de avaliação, o auditor interno governamental deve buscar identificar potenciais riscos de fraude e verificar se a organização possui controles para tratamento desses riscos. Já em atividades de apuração, o auditor interno governamental deve buscar identificar efetivamente atos e fatos de fraude ou erro (BRASIL, 2017).

Assim, para Marx (2016), a dualidade das atividades estaria intrinsecamente relacionada à própria natureza do controle interno, identificada na teoria e na atuação dos órgãos de controle, ora como órgão avaliador, mediante realização de auditorias operacionais; ora como órgão repressivo, por meio de ações investigativas e operações especiais.

2.2 Fraude e Erro

¹ Define-se **risco** como a possibilidade de ocorrência de um evento que venha a ter determinado impacto no cumprimento dos objetivos da Unidade. Em geral, o risco é medido em termos de impacto e de probabilidade – IN MP/CGU nº 01, de 10 de maio de 2016.

Os atos e os fatos inquinados de ilegais ou irregulares, a que se refere a Lei nº 10.180, de 06 de fevereiro de 2001, podem constituir erro ou fraude. Segundo o Referencial Técnico da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal, fraudes são quaisquer atos ilegais caracterizados por desonestidade, dissimulação ou quebra de confiança (BRASIL, 2017).

Nesse sentido, o Conselho Federal de Contabilidade define fraude como “o ato intencional de um ou mais indivíduos da administração, dos responsáveis pela governança, empregados ou terceiros, que envolva dolo para obtenção de vantagem injusta ou ilegal”. Já o erro constitui ato involuntário, não-intencional, resultante de omissão, desconhecimento, imperícia, imprudência, desatenção ou má interpretação de fatos na elaboração de documentos, registros ou demonstrações. Nesses casos, verifica-se apenas culpa, pois não se caracteriza a intenção de causar dano. De todo modo, tanto a fraude quanto o erro têm como ações subjacentes distorcer informações ou demonstrações contábeis (CFC, 2016a).

Em ambos os casos, portanto, os atos resultariam em registros, informações ou valores manipulados ou divergentes da realidade dos fatos.

Assim, do ponto de vista contábil, as distorções causadas por erro ou por fraude se distinguiriam apenas quanto ao aspecto subjetivo, pois para Santos e Grateron (2003, p. 19) a “diferença fundamental está na intenção da prática da irregularidade, tornando-a sinônimo de fraude”.

2.3 Seleção de itens de auditoria

Estabelecem as Normas Brasileiras de Contabilidade NBC TA 500 (R1) que, ao definir os testes de auditoria, o auditor deve determinar meios eficazes de seleção dos itens a serem testados para o cumprimento dos procedimentos de auditoria. Os meios à disposição do auditor são: a seleção de todos os itens; a seleção de itens específicos; e a amostragem de auditoria (CFC, 2016b).

A seleção de todos os itens constitui o exame de todos os itens ou eventos de uma população. É apropriada quando a população é pequena e de grande valor; ou quando não há outros meios mais adequados de se fornecerem evidências apropriadas e suficientes; ou quando os testes ocorrem de maneira automatizada a custo viável (CFC, 2016b).

A seleção de itens específicos de uma população pode se dar segundo valores – ou faixa de valores – materialmente relevantes ou segundo características críticas específicas, que denotem, por exemplo, suspeita, atipicidade ou tendência a erro (CFC, 2016b).

Já a amostragem de auditoria, segundo a NBC TA 530, constitui um meio de seleção de parte dos itens de uma população onde cada unidade de amostragem tem a mesma chance de ser selecionada. A amostragem pode ser estatística ou não estatística. Para se caracterizar uma abordagem estatística, a seleção dos itens deve ser aleatória; e se utilizar da teoria das probabilidades para avaliar o resultado das amostras e determinar o risco de amostragem. Do contrário, a abordagem é considerada não estatística, e seus resultados sobre a amostra, assim como no caso da seleção de itens específicos, não podem ser generalizados para toda a população (CFC, 2009).

2.4 Curva ABC

A curva ABC, ou Análise de Pareto, ou Regra 80/20, foi desenvolvida por Joseph Moses Juran, um importante consultor da área da qualidade, segundo o qual aproximadamente 80% dos problemas derivam de 20% das causas (JURAN; GRYNA; BINGHAM, 1951). Juran se baseou nos trabalhos do economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), onde havia observado que 80% da riqueza da Itália circunscreviam-se a 20% da sua população.

Em 1897, analisando a distribuição pessoal da renda para diferentes países em períodos distintos e construindo séries de distribuição de frequência, [Vilfredo Pareto] sugeriu que a distribuição da renda de uma população seguia uma lei de potência simples, segundo a qual o número de pessoas associadas a cada nível de renda decresce à medida que esta aumenta. Essa lei de potência é caracterizada por um índice conhecido como índice de Pareto que é tão menor quanto menos distribuída for a renda entre a população e vice-versa (PARETO, 1897 citado por GUIMARÃES, 2007, p. 70).

Sendo a função definida por Pareto como:

$$N(x) = A(x - a)^{-\alpha} \quad (1)$$

Onde x representa a renda pessoal; N , o número de pessoas com rendimentos $\geq x$; a , a menor renda da população; e A e α , parâmetros positivos da distribuição, onde α corresponde ao índice de Pareto, que mede a desigualdade ou concentração de distribuição pessoal da renda. As curvas geradas pela equação (1) apresentam formas semelhantes a hipérbolas e seu traçado é chamado de curva de Pareto. Assim, “quanto maior é o valor do parâmetro α tanto mais côncava é a hipérbole e tanto maior a diferença entre as rendas dos vários grupos da população” (LANGE, 1967 citado por GUIMARÃES, 2007, p. 71).

Para Arnold (2015), as distribuições de Pareto e suas relações íntimas e generalizações fornecem uma família muito flexível de distribuições de cauda pesada que podem ser usadas para modelar distribuições de renda, bem como uma ampla variedade de outras distribuições sociais e econômicas.

Conforme ensina Pedroso (2017), uma variável aleatória X tem distribuição de Pareto (tipo I) com parâmetros $\alpha > 0$ e $\beta > 0$, se sua função densidade de probabilidade for dada por:

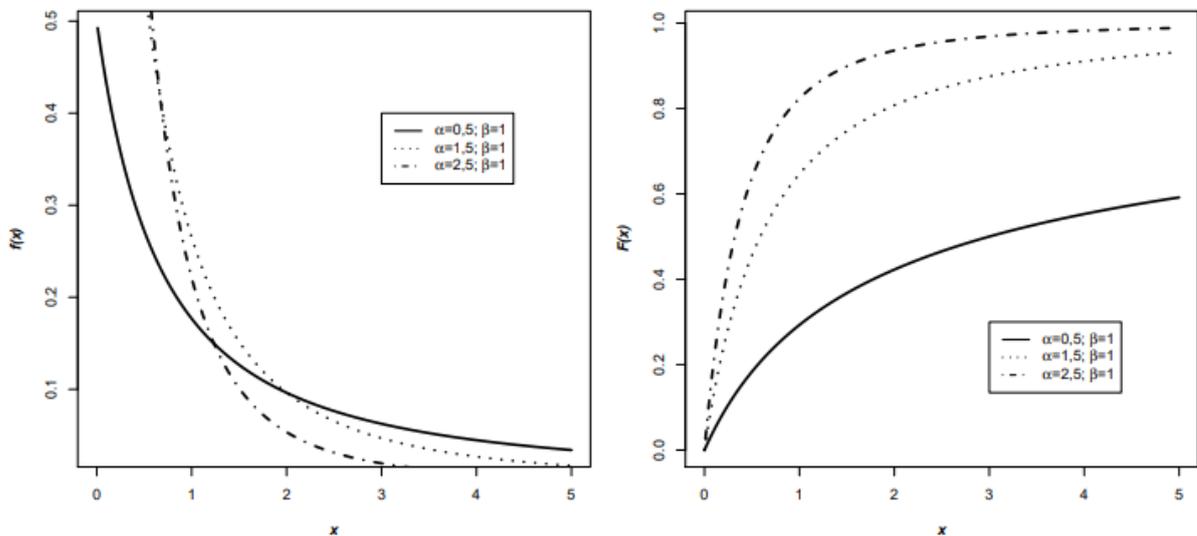
$$f(x) = \begin{cases} \frac{\alpha\beta^\alpha}{x^{\alpha+1}}, & x \geq \beta \\ 0, & x < \beta \end{cases} \quad (2)$$

Sendo a função de distribuição acumulada:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha, & x \geq \beta \\ 0, & x < \beta \end{cases} \quad (3)$$

Onde α é o parâmetro de forma; e β o parâmetro de escala das equações (2) e (3).

Figura 1 – Distribuição de Pareto para as funções densidade $f(x)$ e de distribuição acumulada $F(x)$ para diferentes α e $\beta = 1$.



Fonte: Pedroso (2017)

Assim, segundo Carvalho (2002, p. 226), “a curva ABC é um método de classificação de informações, sendo estas separadas em itens de maior importância ou impacto, os quais são normalmente em menor número”.

O método da curva ABC ordena os itens analisados segundo a ordem decrescente de seus valores, dividindo o espectro em três faixas. A primeira faixa, denominada “A”,

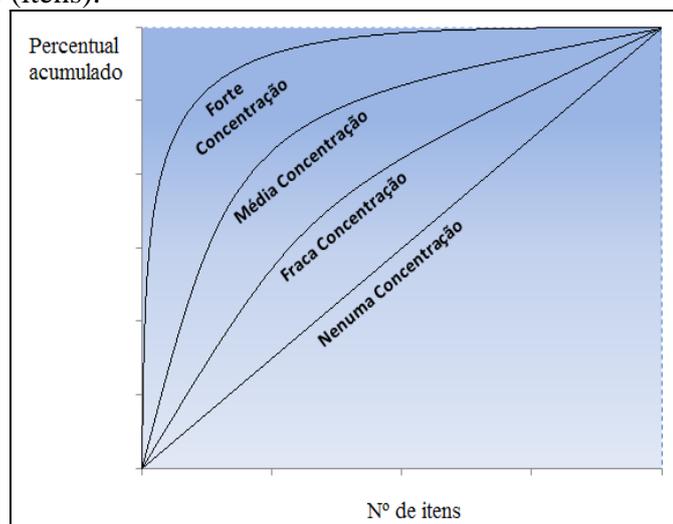
corresponde aos itens de maior importância material, representando cerca de 50% do valor total dos itens. A faixa intermediária do ordenamento, denominada “B”, representa 30% do somatório. E a última faixa, denominada “C”, os 20% restantes (BRASIL, 2012a, 2012b).

O Tribunal de Contas da União recomenda a utilização dessa técnica para selecionar itens de serviços de maior materialidade financeira podendo “ser empregada em auditoria contábil, financeira, de obras públicas, entre outras, auxiliando na obtenção de amostra representativa” (BRASIL, 2012a, p. 2). O método também é indicado pelo Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP, 2012), e adotado pelo Departamento de Polícia Federal para tratamento de dados e identificação dos serviços mais relevantes no cálculo do dano ao erário, na perícia de Engenharia Legal (BRASIL, 2010).

Em seus trabalhos de auditoria, ao adotar o método, o Tribunal de Contas da União define em regra que a amostra deve representar ao menos 80% do valor total dos itens auditados, correspondendo às faixas “A” e “B” (BRASIL, 2012a, 2012b).

A técnica apresenta a vantagem de selecionar menos itens a serem testados quanto maior for a concentração material verificada (FIGURA 2). O tamanho da amostra será tanto menor quanto maior for o valor acumulado a um menor número de itens da população (BRASIL, 2012a).

Figura 2 – Diferentes graus de concentração material (valores) entre populações de mesmo tamanho (itens).



Fonte: TCU (BRASIL, 2012a)

2.5 Lei de Benford

A Lei de Benford, ou de Newcomb-Benford ou dos Números Anômalos ou dos Primeiros Dígitos, foi inicialmente identificada pelo matemático e astrônomo Simon Newcomb (1881) e depois mais bem desenvolvida pelo físico Frank Benford (1938).

A partir da observação de que as primeiras páginas das tabelas logarítmicas se desgastavam mais rapidamente pelo manuseio do que as últimas, Newcomb (1881) inferiu que logaritmos iniciados por 1 eram mais frequentemente procurados do que os demais, sugerindo haver probabilidades distintas na ocorrência dos algarismos. No desenvolvimento de seu trabalho identificou que são igualmente prováveis a ocorrência das mantissas do logaritmo de qualquer número, concluindo que valores iniciados por 1 tinham maior probabilidade do que aqueles iniciados por 2, e assim sucessivamente. O autor ainda concluiu empiricamente que o comportamento regressivo de probabilidades também era observado para os segundos e terceiros dígitos e que a partir da quarta posição a diferença tornava-se desprezível.

Benford (1938), ao compilar cerca de 20.000 primeiros dígitos obtidos de diferentes fontes independentes – como as áreas de rios, número de habitantes, constantes físicas, massas nucleares –, chegou a conclusões similares às de Simon Newcomb, mostrando haver uma distribuição logarítmica dos primeiros dígitos. Benford (1938) ainda demonstrou que a Lei dos Números Anômalos também faz previsões sobre a distribuição de segundos dígitos, terceiros dígitos, combinações de dígitos e assim por diante, concluindo que a Lei dos Números Anômalos é uma lei geral de probabilidade de ampla aplicação.

A partir dos fundamentos de Newcomb (1881), Hill (1995) deduziu a equação da probabilidade para o primeiro dígito significativo:

$$Prob (D_1 = d_1) = \log (1 + 1/d_1) \quad (4)$$

Sendo:

D_1 = primeiro dígito

$d_1 \in \{1, 2, \dots, 9\}$

Tabela 1 – Distribuição de frequência para o primeiro dígito significativo.

d1	Probabilidade (D1)
1	0,301
2	0,176
3	0,125
4	0,097
5	0,079
6	0,067
7	0,058

8	0,051
9	0,046

Fonte: Do autor (2020)

Hill (1995) também demonstrou a equação geral da probabilidade para os primeiros dígitos em conjunto, com o início no primeiro dígito e término no k -ésimo dígito:

$$Prob(D_1 = d_1, \dots, D_k = d_k) = \log_{10} \left[1 + \left(\sum_{i=1}^k d_i \cdot 10^{k-i} \right)^{-1} \right] \quad (5)$$

Sendo:

$d_1 \in \{1, 2, \dots, 9\}$ para D_1

$d_k \in \{0, 1, \dots, 9\}$ para D_k

Tomemos como exemplo a probabilidade de números iniciados em 314:

$$Prob(D_1 = 3, D_2 = 1, D_3 = 4) = \log [1 + (300 + 10 + 4)^{-1}] \approx 0,0014.$$

Carslaw (1988) foi o primeiro autor a aplicar a Lei de Benford para análise de dados financeiros, introduzindo testes estatísticos Z e o Qui-Quadrado para detectar desconformidades entre as probabilidades esperadas e observadas para os dígitos.

Para Nigrini (2000), uma vez conhecida a distribuição de probabilidade esperada de conjuntos de dados financeiros submetidos às condições da Lei de Benford, desconformidades identificadas a ela sugeririam interferência humana ou algum tipo de manipulação dos dados, sendo usado como uma forma de filtro para sinalizar eventuais fraudes financeiras.

Costa et al. (2012) lembra que, embora seja consensual entre os autores pesquisados a utilidade do método de análise em auditoria, desvios de conformidade em relação à Lei de Benford não são necessariamente indicativos de erros e fraudes, bem como a sua conformidade não exime a possibilidade de ocorrência destas irregularidades.

No Brasil, o primeiro trabalho no âmbito da administração pública baseado na Lei de Benford, com aplicação dos testes de hipótese, foi de Santos, Diniz e Ribeiro (2003, 2004) ao analisar valores das notas de empenho das despesas emitidas por vinte municípios do Estado da Paraíba. Outros trabalhos valem ser citados, como Costa (2012), aplicado às notas de empenho de sessenta unidades gestoras de três Estados brasileiros; e Cunha (2013), aplicado às planilhas orçamentárias de obras públicas para determinar amostras de auditoria.

3 METODOLOGIA

A pesquisa constitui um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e de caráter descritivo que buscou comparar métodos de seleção de fornecedores de bens e serviços para eventual aplicação de testes de auditoria com vistas a detectar fraudes ou impropriedades na execução financeira de contratos.

O objeto de estudo corresponde às notas de empenho das despesas do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian (HUMAP) emitidas nos anos de 2011 e 2012, coletadas do Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal (SIAFI).

O objeto de estudo foi definido por conveniência, por corresponder à entidade e ao período para os quais o Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 da Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2013) registra irregularidades quanto a fatos e atos em processos aquisitivos de bens, serviços e obras no HUMAP. O relatório, obtido por meio da Lei de Acesso à Informação, instruiu o Inquérito Policial nº 142/2012-SR/DPF/MS; e decorrerá de demanda da Superintendência Regional do Departamento de Polícia Federal no Estado do Mato Grosso do Sul com base em denúncias e diligências policiais prévias, a partir do qual se deflagraria, em conjunto com a Controladoria-Geral da União, a Operação SANGUE FRIO.

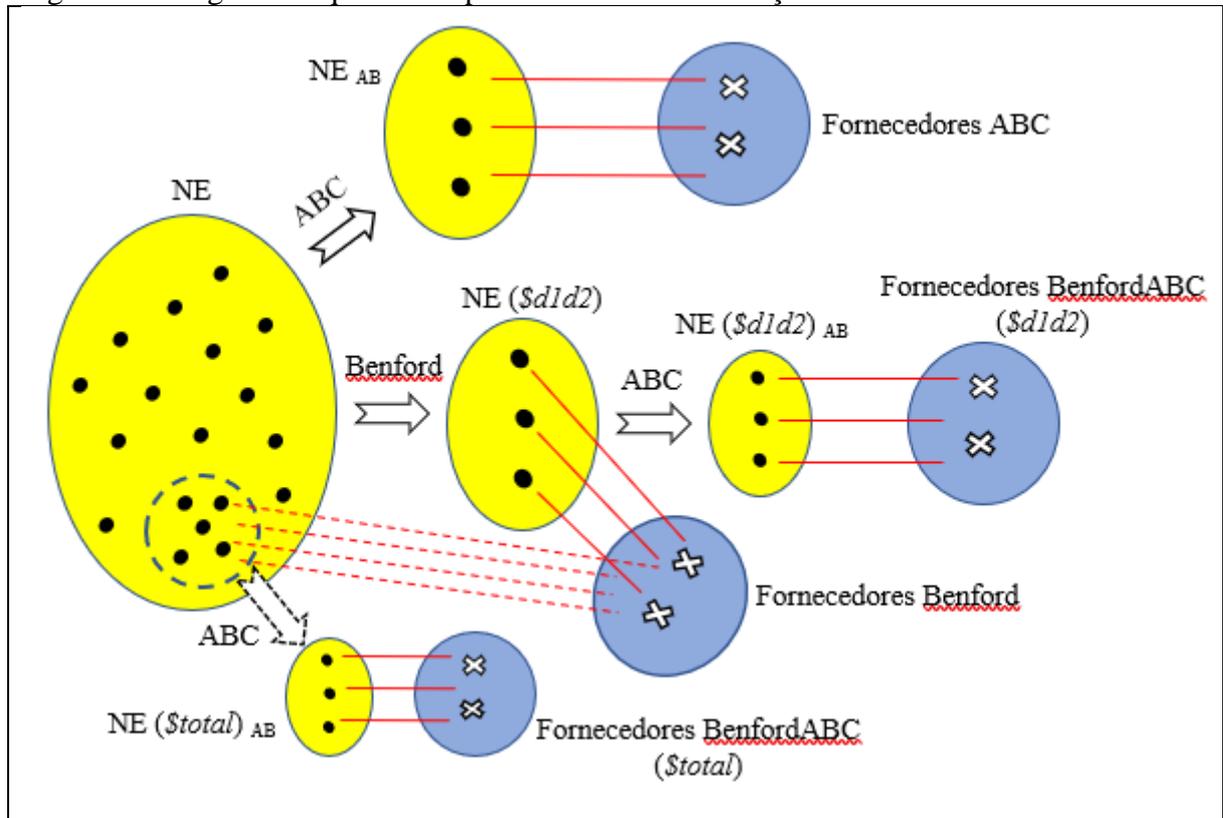
No relatório, a Controladoria constatara práticas de liquidação irregular das despesas e de superfaturamento junto a sete empresas fornecedoras do Hospital, materializando-se para os objetivos específicos deste trabalho como casos de fraude conhecidos, ou seja, de fornecedores cuja execução financeira dos contratos passamos a considerar sabidamente irregular, denominando-os aqui fornecedores-alvo. O ponto será mais bem detalhado em Resultados e Discussão.

Foram consideradas no estudo apenas as notas de empenho de referência correspondentes à execução orçamentária das despesas daquele período e cujos saldos (empenho + reforço – anulação) fossem iguais ou maiores do que R\$10, uma vez que os testes sugeridos para o modelo da Lei de Benford incidem sobre os dois primeiros dígitos significativos.

Dado que o problema limita-se a identificar fornecedores, ou seja, terceiros contratados pelo Hospital Universitário para a obtenção de bens, serviços e obras, foram desconsideradas também as notas de empenho cujas despesas não apresentassem natureza compatível ao escopo, como pagamento de diárias, contratação de pessoal por tempo determinado, auxílio financeiro a estudantes, sentenças judiciais e obrigações tributárias e contributivas.

A partir dos valores resultantes deste universo definido de notas de empenho, selecionaram-se quatro subconjuntos, cujos credores compõem as respectivas amostras de auditoria de fornecedores (FIGURA 3).

Figura 3 – Diagrama esquemático para os métodos de seleção das amostras de fornecedores.



Fonte: Do autor (2020)

O primeiro subconjunto, “ NE_{AB} ”, foi obtido a partir do universo das notas de empenho aplicando-se o método da curva ABC conforme modelo sugerido pelo Tribunal de Contas da União (BRASIL, 2012a).

O segundo, “ $NE(\$d1d2)$ ”, pelo método da Lei de Benford também a partir do universo das notas de empenho aplicando-se os Testes dos Dois Primeiros Dígitos e o da Soma, conforme modelo sugerido por Nigrini (2012) e Cunha (2013).

O terceiro subconjunto, “ $NE(\$d1d2)_{AB}$ ”, foi selecionado, a partir do segundo subconjunto de notas de empenho, aplicando-se o método da curva ABC.

E o quarto subconjunto, “ $NE(\$total)_{AB}$ ”, foi obtido pelo método da curva ABC, mas sobre as notas de empenho do universo “NE” associadas aos fornecedores da amostra de auditoria do segundo subconjunto.

Os quatro métodos encontram-se discriminados no item 3.1 a seguir.

Cada amostra de auditoria foi então avaliada, conforme método disposto no item 3.2, quanto à sua eficácia, eficiência e acuracidade em conter fornecedores-alvo, quais sejam as sete empresas para as quais o Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 (BRASIL,

2013) constatara atos ou fatos inquinados de irregulares nas execuções contratuais das despesas junto à HUMAP.

Todos os dados bem como os testes propostos foram tabulados e processados em planilhas *Microsoft Office Excel*.

3.1 Métodos para seleção das amostras de auditoria

A seguir, discriminam-se os métodos utilizados para extração das amostras de auditoria de que trata o estudo.

3.1.1 Seleção da amostra segundo o método da Curva ABC

A seleção da amostra segue método sugerido pelo Tribunal de Contas da União (BRASIL, 2012a).

Uma vez que a amostra de auditoria visa a selecionar fornecedores ou credores para eventual aplicação de testes de auditoria, as notas de empenho são agrupadas por fornecedores; e os saldos dos valores por fornecedor são ordenados decrescentemente. São selecionados para compor a amostra os fornecedores até que o saldo acumulado atinja 80% do valor total das notas de empenho, correspondendo às faixas “A” e “B” da curva ABC.

3.1.2 Seleção da amostra segundo método da Lei de Benford

A amostra de auditoria é composta pelos fornecedores, ou credores, cujas notas de empenho do universo estudado apresentem valores em desconformidade com a Lei de Benford. Para tanto adotou-se modelo sugerido por Nigrini (2012), sendo aplicados o Teste dos Dois Primeiros Dígitos e o Teste da Soma sobre o conjunto definido das notas de empenho.

Para Nigrini (2012), a menos que o conjunto de dados seja pequeno, o Teste dos Dois Primeiros Dígitos constitui o teste primário mais adequado para se verificar a conformidade à Lei de Benford, por conseguir detectar números inventados e enviesados em bases de dados e ainda proporcionar amostras menores do que os testes do primeiro dígito, uma vez que os dados são estratificados em 90 subconjuntos, correspondendo aos dois primeiros dígitos de 10 a 99.

De modo complementar, Nigrini (2012) ainda sugere a aplicação de testes avançados, como o Teste da Soma desenvolvido pelo autor, que considera a materialidade relativa de cada subconjunto de dois primeiros dígitos.

Compõem a amostra de auditoria os fornecedores ou credores das notas de empenho cujos valores não se conformem aos Testes dos Dois Primeiros Dígitos e o da Soma.

3.1.2.1 Teste dos Dois Primeiros Dígitos

O Teste dos Dois Primeiros Dígitos constitui um teste primário à Lei de Benford, e verifica a frequência com que os números 10 a 99 se repetem nos dois primeiros dígitos dos itens de uma base de dados, que no caso corrente constitui os valores das notas de empenho do HUMAP definidas no estudo.

Para os dois primeiros dígitos significativos, a proporção ou frequência esperada segundo à Lei de Benford é definida pela seguinte função de probabilidade:

$$Prob(D_1D_2 = d_1d_2) = \log\left(1 + \frac{1}{d_1d_2}\right) \quad (6)$$

Sendo:

D_1D_2 = dois primeiros dígitos

$d_1d_2 \in \{10, 11, \dots, 99\}$

Para se identificar a conformidade da distribuição de frequências observadas no Teste dos Dois Primeiros Dígitos à Lei de Benford, são aplicados os seguintes testes estatísticos:

3.1.2.1.1 Teste Z

O Teste Z identifica se há diferença significativa entre a proporção observada ou real (P_R) e a esperada segundo a Lei de Benford (P_E) de cada par de primeiros dígitos (d_1d_2). Para tanto, considerou-se nível de significância de 5% e Z_c crítico 1,96, conforme modelo adotado por Nigrini (2012). Sendo n o número total de notas de empenho observadas.

$$Z = \frac{|P_R - P_E| - (1/2n)}{\sqrt{\frac{P_E(1 - P_E)}{n}}} \quad (7)$$

Foram consideradas as notas de empenho para os quais a hipótese nula (H_0) dos dois primeiros dígitos d_1d_2 tenha sido rejeitada, a saber:

H_0 – Não existe diferença estatisticamente significativa entre a proporção real (P_R) e a esperada (P_E).

H_1 – Existe diferença estatisticamente significativa entre a proporção real (P_R) e a esperada (P_E).

Para Nigrini (2012), considera-se aceitável que o teste identifique até cinco eventos em que a hipótese nula seja rejeitada.

3.1.2.1.2 Teste Qui-Quadrado (X^2)

Testa a adequabilidade de um conjunto de dados observados a uma distribuição de frequência esperada. Neste caso, verifica se a frequência observada dos dois primeiros dígitos como um todo se conforma com a Lei de Benford, pela seguinte fórmula:

$$X^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(C_R - C_E)^2}{C_E} \quad (8)$$

Sendo C_R e C_E a contagem real e esperada, respectivamente, de cada categoria (K) que, no Teste dos Dois Primeiros Dígitos, corresponde a 90 dígitos possíveis (de 10 a 99), para 89 graus de liberdade ($K-1$) e nível de significância de 5%, sendo o valor crítico 112,02, conforme obtido em *Engineering Statistics Handbook*².

Portanto, se o valor calculado, que constitui a soma dos valores qui-quadrados das classes, exceder o valor crítico, a hipótese nula (H_0) de conformidade à Lei de Benford deve ser rejeitada.

H_0 – Não há indícios de manipulação de valores.

H_1 – Há indícios de manipulação de valores.

3.1.2.1.3 Média dos Desvios Absolutos (MDA)

² Disponível em: <https://itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3674.htm>

A Média dos Desvios Absolutos (MDA) também avalia a conformidade do conjunto dos dados observados com a Lei de Benford, porém desconsidera a quantidade de itens, sendo indicado por Nigrini (2012) para extensos bancos de dados. Sua fórmula é apresentada como:

$$MDA = \sum_{i=1}^K \frac{|P_R - P_E|}{K} \quad (9)$$

Onde K é o número de classes dos dígitos iniciais, que para os dois primeiros dígitos corresponde a 90. P_R é a proporção real observada e P_E é a proporção esperada de acordo com a Lei de Benford.

O teste MDA não possui um valor crítico derivado analiticamente. Em vez disso, Drake e Nigrini (2000) estabeleceram critérios empíricos de conformidade à Lei de Benford baseados em suas experiências pessoais, e resumidos no Quadro 1 a seguir para os dois primeiros dígitos.

Quadro 1 – Valores críticos e conclusões para MDA dos dois primeiros dígitos.

Dígitos	Intervalo	Conclusão
Dois primeiros dígitos	0,0000 a 0,0012	Conformidade aproximada
	0,0012 a 0,0018	Conformidade aceitável
	0,0018 a 0,0022	Conformidade marginal aceitável
	Acima de 0,0022	Não conformidade

Fonte: Adaptado de Nigrini (2012)

3.1.2.2 Teste da Soma

O Teste da Soma constitui um teste avançado à Lei de Benford, e se baseia no teorema desenvolvido por Nigrini (2012) segundo o qual em um conjunto de Benford (conjunto teórico de dados perfeitamente conformados à Lei de Benford) as somas dos valores de cada categoria ou subconjunto de dois primeiros dígitos 10, 11, 12... 99 tenderiam a ser iguais entre si, à razão de 1/90 do volume total do conjunto. Todavia, no mundo real, raramente os dados apresentam esse padrão linear, mesmo que seja a expectativa teórica correta. Isso ocorre segundo o autor porque os dados do mundo real contêm valores grandes ou duplicação de números de tamanho médio, e é exatamente para isso que o teste de somatória nos alerta. O teste de soma existe para detectar transações anormalmente grandes em relação ao restante dos dados. Assim, Nigrini (2012) destaca que, enquanto os testes primários se baseiam na frequência dos primeiros dígitos, o teste avançado da soma analisa os valores associados aos dígitos.

O Teste da Soma é assim estabelecido. Os dados são agrupados segundo as noventa categorias de dois primeiros dígitos, e os valores que compõem cada categoria ou subconjunto são somados; e os saldos, divididos pelo valor total do conjunto. As razões encontradas são então subtraídas de $1/90$ (ou 0,011), que corresponde à razão teórica esperada por Nigrini (2012).

Adotando-se o parâmetro sugerido por Cunha (2016), as notas de empenho cujas categorias de dois primeiros dígitos ultrapassarem a diferença de 0,011, ou seja, a razão encontrada da categoria for superior a 0,022, serão selecionadas pelo teste, e seus beneficiários ou credores comporão a amostra de auditoria.

3.1.3 Seleção da amostra segundo a combinação dos métodos da Lei de Benford e curva ABC

As duas últimas amostras de auditoria são obtidas dado o subconjunto de notas de empenho selecionadas pelo método da Lei de Benford, conforme subitem 3.1.2. A diferença está na construção da curva ABC a partir de então.

Para obter-se a primeira amostra do método combinado – que passamos também a denominar Benford ABC (*\$d1d2*) –, as notas de empenho cujos dois primeiros dígitos de seus valores foram identificados pelo método da Lei de Benford, subitem 3.1.2, são agrupadas por fornecedor. Os saldos são então ordenados decrescentemente, e selecionados os fornecedores até que o saldo acumulado atinja 80% (faixas “A” e “B” da curva ABC) do total dos valores das notas de empenho do subconjunto. O teste da curva ABC, neste caso, considera a materialidade apenas das notas de empenho efetivamente identificadas pelo método de Benford.

Para a segunda amostra do método combinado – que passamos também a denominar Benford ABC (*\$total*) –, são consideradas todas as notas de empenho do universo para os quais os fornecedores da amostra de auditoria pelo método da Lei de Benford sejam credores. Os saldos são ordenados decrescentemente, e selecionados para compor a amostra de auditoria os fornecedores até que o saldo acumulado atinja 80% (faixas “A” e “B” da curva ABC) do valor total dessas notas de empenho. Neste caso, o teste da curva ABC considera a materialidade total das notas de empenho associadas aos fornecedores da amostra de Benford, e não só daquelas notas cujos primeiros dígitos de seus valores foram identificados pelo método.

3.2 Método para avaliação do desempenho das amostras de auditoria

Para Castro e Ferrari (2016), um algoritmo cujo objetivo consiste em prever a classe ou o valor de saída de determinado registro constitui uma tarefa de classificação.

Como os objetivos específicos do estudo consistem basicamente em avaliar a capacidade de os métodos de construção das amostras de auditoria selecionarem, ou não, fornecedores cuja execução financeira dos contratos é sabidamente irregular, o problema de avaliação dos resultados das amostras se assemelha ao da avaliação de desempenho dos resultados de uma classificação binária, onde, segundo Castro e Ferrari (2016), existe uma *classe positiva* ou *classe alvo*, classe cujo valor se deseja prever (no nosso caso, fornecedores cuja execução financeira dos contratos seja irregular, daí fornecedores-alvo) e uma *classe negativa*, que constitui seu complemento (fornecedores cuja execução financeira dos contratos não seja irregular).

Para comparar os resultados das amostras em selecionar, ou não, fornecedores-alvo, adotaram-se três medidas de avaliação de desempenho para classificação binária, aqui denominadas: Eficácia (E_{FK}), Eficiência (E_{FC}) e Acurácia (A_{KC}).

$$E_{FK} = (F_{AA} / F_{AR}) \times 100\% \quad (10)$$

Onde E_{FK} corresponde à eficácia do método em selecionar fornecedores-alvo, ou seja, à capacidade de a amostra conter fornecedores-alvo independentemente do tamanho da amostra; F_{AA} representa a quantidade de fornecedores-alvo na amostra; e F_{AR} , a quantidade de fornecedores-alvo identificados no relatório da CGU, ou seja, sete.

$$E_{FC} = (F_{AA} / n) \times 100\% \quad (11)$$

Onde E_{FC} corresponde à eficiência do método em selecionar fornecedores-alvo, relacionando o número de fornecedores-alvo selecionados ao tamanho da amostra; F_{AA} representa a quantidade de fornecedores-alvo na amostra; e n , o tamanho da amostra ou a quantidade de fornecedores que compõem a amostra.

$$A_{KC} = [2 \times (E_{FK} \times E_{FC}) / (E_{FK} + E_{FC})] \times 100\% \quad (12)$$

Onde A_{KC} corresponde à acurácia do método; e representa a média harmônica das medidas de Eficácia (E_{FK}) e Eficiência (E_{FC}).

Ao que se chama de Eficácia e Eficiência, Castro e Ferrari (2016) definem como revocação (ou *recall*) e precisão (ou *precision*). O primeiro diz respeito à capacidade de um algoritmo de classificação recuperar itens relevantes – no nosso caso, de o método selecionar fornecedores-alvo. O segundo refere-se à capacidade de os itens recuperados serem relevantes – ou seja, de os fornecedores da amostra selecionados pelo método serem fornecedores-alvo.

Para Castro e Ferrari (2016), a Acurácia corresponde à taxa global de sucesso de um algoritmo de classificação de dados, e a fórmula aqui adotada corresponde à da medida-F, ou *score-F*, um indicador balanceado que consiste na média harmônica simples entre precisão e revocação.

Além disso, como forma de demonstrar incremento estatístico da aplicação da Lei de Benford, propõe-se, para comparação, mensurar as probabilidades de se extraírem aleatoriamente conjuntos de fornecedores com as mesmas características das diferentes amostras de auditoria obtidas – em tamanho e em quantidade de fornecedores-alvo identificados – a partir tanto da população de fornecedores correspondente aos métodos quanto da população total de fornecedores.

Como os elementos da população não se repetem, ou seja, os fornecedores são únicos e distintos entre si, supôs-se um processo de amostragem probabilística sem reposição (o fornecedor uma vez selecionado não retornaria ao espaço amostral). Para tanto, considera-se a distribuição hipergeométrica, a qual representa a distribuição de probabilidade discreta de se sortear X sucessos em n retiradas, sem reposição, de uma população de tamanho N que contenha exatamente A sucessos, sendo cada retirada um sucesso (fornecedor-alvo) ou um fracasso (não fornecedor-alvo). Como condição, o resultado de cada retirada (os elementos da população que compõem a amostra) é classificado em uma de duas categorias mutuamente excludentes (no nosso caso, fornecedor-alvo ou não fornecedor-alvo); e a probabilidade de um sucesso não é constante, muda a cada retirada, pois cada retirada diminui a população (BRASIL, 2002).

Uma variável aleatória X segue a distribuição hipergeométrica se a função densidade de probabilidade $P(X)$ for dada por:

$$P(X) = \frac{\frac{A!}{X!(A-X)!} \cdot \frac{(N-A)!}{(n-X)![(N-A)-(n-X)]!}}{\frac{N!}{n!(N-n)!}} = \frac{\binom{A}{X} \cdot \binom{N-A}{n-X}}{\binom{N}{n}} \quad (13)$$

Onde:

X é a quantidade de sucessos (fornecedores-alvo) na amostra

n é o tamanho da amostra

A é a quantidade de sucessos (fornecedores-alvo) na população

N é o tamanho da população

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Examinaram-se 4.043 notas de empenho emitidas pelo HUMAP em favor de 741 credores ou fornecedores, no montante de R\$103.114.208,10. Constam deste conjunto apenas notas de empenho de referência da execução orçamentária das despesas para os exercícios financeiros de 2011 e 2012 e cujos valores resultantes são iguais ou maiores do que R\$10, por apresentarem segundo dígito significativo.

Uma vez que o problema visa a identificar fornecedores ou terceiros contratados para fornecimento de bens, prestação de serviços e realização de obras, também não constam do conjunto examinado notas de empenho cujas despesas não apresentavam natureza compatível ao escopo, como pagamento de diárias, contratação de pessoal por tempo determinado, auxílio financeiro a estudantes, sentenças judiciais e obrigações tributárias e contributivas.

Para o universo estudado, a Tabela 2 abaixo apresenta a distribuição de frequência das notas de empenho e dos credores segundo os valores apresentados para dezoito classes com intervalo de R\$150mil.

Tabela 2 – Distribuição de frequências das notas de empenho e dos fornecedores do universo estudado segundo os saldos apresentados.

Classe (R\$)		Notas de Empenho		Fornecedores	
Li	Ls	Freq. Abs.	Freq. Relat.	Freq. Abs.	Freq. Relat.
-	† 150.000	3.919	97%	647	87%
150.000	† 300.000	56	1%	29	4%
300.000	† 450.000	27	1%	15	2%
450.000	† 600.000	10	0%	13	2%
600.000	† 750.000	5	0%	2	0%
750.000	† 900.000	7	0%	8	1%
900.000	† 1.050.000	5	0%	2	0%
1.050.000	† 1.200.000	3	0%	6	1%
1.200.000	† 1.350.000	1	0%	3	0%
1.350.000	† 1.500.000	3	0%	1	0%
1.500.000	† 1.650.000	3	0%	2	0%
1.650.000	† 1.800.000	0	0%	0	0%
1.800.000	† 1.950.000	2	0%	1	0%
1.950.000	† 2.100.000	1	0%	0	0%

2.100.000	†	2.250.000	0	0%	1	0%
2.250.000	†	2.400.000	0	0%	0	0%
2.400.000	†	2.550.000	0	0%	2	0%
2.550.000	†	Mais	1	0%	9	1%
			4.043	100%	741	100%

Fonte: Do autor (2020)

Onde L_I e L_S correspondem aos limites inferiores e superiores das classes de frequências; e “Freq. Abs.” e “Freq. Relat.”, às frequências absolutas e relativas das notas de empenho e dos fornecedores do universo estudado.

Para o período determinado, o Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 da Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2013) identificou atos ou fatos irregulares na execução contratual de despesas para sete empresas fornecedoras do HUMAP. Na identificação dos fornecedores-alvo foram utilizados codinomes (QUADRO 2).

Quadro 2 – Relação de empresas fornecedoras do HUMAP com irregularidades identificadas no Relatório de Demandas Externas da CGU quanto à execução contratual das despesas.

Fornecedor-Alvo	Irregularidades no Relatório	Tipologia da Irregularidade
CA	“D) Favorecimento à empresa vencedora pelo pagamento em desacordo com o Edital do Pregão n.º 163/2011”.	Liquidação irregular das despesas, Superfaturamento.
CC	“C) Ausência de retenção da contribuição previdenciária e do ISS”. “D) Prejuízo de R\$ 166.026,75 ao erário decorrente dos preços contratados”.	Sonegação tributária e superfaturamento por sobrepreço.
DD	“E) Sobrepreço no pagamento de honorários médicos em relação a Tabela do SUS”. “F) Pagamento de honorários médicos que não foram faturados pelo SUS”.	Superfaturamento por sobrepreço e por quantidade.
HH	“E) Insuficiência/Inadequação de documentação comprobatória subsidiária na entrega das refeições pela contratada, para liquidação das despesas”.	Liquidação irregular das despesas, Superfaturamento.
JJ	“F) Indicativo de Prejuízo ao Erário: Documentação subsidiária ineficaz para comprovação da efetiva liquidação das despesas contratuais. Inexecução parcial do objeto”.	Liquidação irregular das despesas, Superfaturamento.

MC	<p>“H) Superfaturamento nos pagamentos decorrentes de serviços de manutenção de bens classificados como inservíveis, além do pagamento mensal em valores fixos independente da demanda dos setores do Hospital Universitário”.</p> <p>“I) Pagamento mediante simulação de prestação de serviços de manutenção de equipamentos médicos-hospitalares em garantia”.</p> <p>“J) Duplicidade de contratos de manutenção com empresas diferentes para mesmo equipamento médico-hospitalar”.</p>	Superfaturamento por sobrepreço e por quantidade.
SN	<p>“E) Pagamento de itens indevidos nas planilhas de medições”.</p> <p>“F) Ausência de retenção de 11% do valor da Nota Fiscal de serviços”.</p> <p>“G) Superfaturamento com conseqüente pagamento indevido de R\$ 500.481,47 por serviços executados a preços superiores aos do SINAPI – prejuízo ao Erário”.</p>	Sonegação tributária e superfaturamento por sobrepreço e por quantidade.

Fonte: Adaptado de CGU (BRASIL, 2013)

Das 4.043 notas de empenho analisadas emitidas pelo HUMAP, apenas 39 referem-se aos sete fornecedores-alvo, que somam R\$12.712.796,92 em valores empenhados no período (TABELA 3).

Tabela 3 – Quantidade de notas de empenho e valores empenhados por fornecedor-alvo e percentuais em relação ao total.

Fornecedor-Alvo	Valor Empenhado (R\$)	Qt. Notas de Empenho
SN	6.137.802,15	4
HH	2.895.867,42	6
MC	1.204.396,00	5
CA	1.147.358,85	5
DD	776.875,20	7
CC	360.000,00	9
JJ	190.497,30	3
Soma	12.712.796,92	39
Total %	12,33%	0,96%

Fonte: Do autor (2020)

4.1 Resultado da amostra pelo método da curva ABC

As faixas “A” e “B” da curva ABC indicam que a 7,42% dos 741 fornecedores correspondem 80,23% do saldo das notas de empenho no período (TABELA 4).

Tabela 4 – Resultado do método da curva ABC para seleção de amostra de auditoria.

Faixa	Fornecedores	Percentual	Saldo	Percentual	Alvos
A	15	2,02%	R\$51.586.658,91	50,03%	2
B	40	5,40%	R\$31.139.456,38	30,20%	3
C	686	92,58%	R\$20.388.092,81	19,77%	2
Total	741	100,00%	R\$103.114.208,10	100,00%	7

Fonte: Do autor (2020)

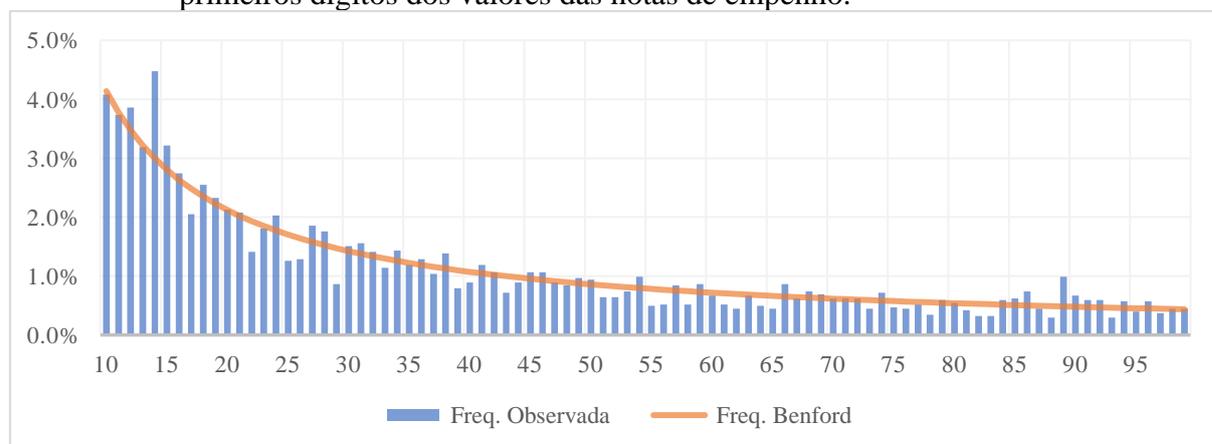
A coluna “Alvos” indica a quantidade de fornecedores-alvo identificada em cada faixa da curva ABC. A coluna “Fornecedores” representa a quantidade de fornecedores identificados por faixa. O “Saldo” representa os valores empenhados totais por faixa.

O tamanho da amostra corresponde a 55 fornecedores (faixas “A” e “B”), dentre os quais cinco são fornecedores-alvo, identificados no Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 da Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2013).

4.2 Resultado da amostra pelo método da Lei de Benford

Foi realizado o teste primário para identificar as frequências dos dois primeiros dígitos dos valores das notas de empenho, cujo resultado é graficamente representado a seguir (GRÁFICO 1).

Gráfico 1 – Frequência relativa observada e distribuição da Lei de Benford para os dois primeiros dígitos dos valores das notas de empenho.



Fonte: Do autor (2020)

Visualmente, identifica-se uma tendência geral à distribuição da Lei de Benford para o conjunto de notas de empenho, apresentando picos e vales de frequência para alguns pares de primeiros dígitos.

4.2.1 Resultado dos testes estatísticos para o Teste dos Dois Primeiros Dígitos

De forma a identificar a conformidade das frequências observadas à distribuição da Lei de Benford, foram aplicados os testes estatísticos Z, Qui-Quadrado e MDA, cujos resultados resumem-se a seguir (TABELA 5).

Tabela 5 – Resultado dos testes estatísticos para os dois primeiros dígitos dos valores das notas de empenho.

d1d2	n	Real	Benford	Z	QQ	MDA
10	165	0,041	0,041	0,15	0,033	0,0006
11	151	0,037	0,038	0,11	0,021	0,0004
12	156	0,039	0,035	1,28	1,700	0,0038
13	129	0,032	0,032	0,06	0,010	0,0003
14	181	0,045	0,030	5,48	29,578	0,0148
15	130	0,032	0,028	1,54	2,455	0,0041
16	111	0,027	0,026	0,40	0,195	0,0011
17	83	0,021	0,025	1,70	3,003	0,0043
18	103	0,025	0,023	0,79	0,685	0,0020
19	94	0,023	0,022	0,37	0,172	0,0010
20	86	0,021	0,021	- 0,02	0,001	0,0001
21	84	0,021	0,020	0,20	0,066	0,0006
22	57	0,014	0,019	2,35	5,678	0,0052
23	73	0,018	0,018	0,14	0,040	0,0004
24	82	0,020	0,018	1,17	1,487	0,0026
25	51	0,013	0,017	2,11	4,635	0,0044
26	52	0,013	0,016	1,71	3,071	0,0035
27	75	0,019	0,016	1,34	1,945	0,0028
28	71	0,018	0,015	1,14	1,429	0,0023
29	35	0,009	0,015	3,14	10,105	0,0061
30	61	0,015	0,014	0,39	0,204	0,0008
31	63	0,016	0,014	0,91	0,944	0,0018
32	57	0,014	0,013	0,34	0,163	0,0007
33	46	0,011	0,013	0,82	0,786	0,0016
34	58	0,014	0,013	0,93	0,991	0,0018
35	48	0,012	0,012	0,14	0,043	0,0004
36	52	0,013	0,012	0,49	0,315	0,0010
37	42	0,010	0,012	0,64	0,497	0,0012

38	56	0,014	0,011	1,47	2,367	0,0026
39	32	0,008	0,011	1,80	3,489	0,0031
40	36	0,009	0,011	1,05	1,248	0,0018
41	48	0,012	0,010	0,80	0,765	0,0014
42	43	0,011	0,010	0,19	0,069	0,0004
43	29	0,007	0,010	1,72	3,200	0,0028
44	36	0,009	0,010	0,47	0,303	0,0009
45	43	0,011	0,010	0,63	0,504	0,0011
46	43	0,011	0,009	0,77	0,727	0,0013
47	36	0,009	0,009	0,08	0,025	0,0002
48	34	0,008	0,009	0,28	0,134	0,0005
49	39	0,010	0,009	0,51	0,351	0,0009
50	38	0,009	0,009	0,46	0,300	0,0008
51	26	0,006	0,008	1,31	1,922	0,0020
52	26	0,006	0,008	1,21	1,658	0,0018
53	30	0,007	0,008	0,41	0,242	0,0007
54	40	0,010	0,008	1,29	1,879	0,0019
55	20	0,005	0,008	1,99	4,281	0,0029
56	21	0,005	0,008	1,72	3,268	0,0025
57	34	0,008	0,008	0,54	0,393	0,0009
58	21	0,005	0,007	1,56	2,708	0,0022
59	35	0,009	0,007	0,92	1,021	0,0014
60	27	0,007	0,007	0,28	0,141	0,0005
61	21	0,005	0,007	1,32	1,997	0,0019
62	18	0,004	0,007	1,82	3,627	0,0025
63	27	0,007	0,007	0,03	0,015	0,0002
64	20	0,005	0,007	1,29	1,916	0,0018
65	18	0,004	0,007	1,61	2,894	0,0022
66	35	0,009	0,007	1,58	2,798	0,0021
67	25	0,006	0,006	0,10	0,039	0,0003
68	30	0,007	0,006	0,77	0,744	0,0011
69	28	0,007	0,006	0,45	0,296	0,0007
70	25	0,006	0,006	- 0,08	0,000	0,0000
71	25	0,006	0,006	- 0,01	0,008	0,0001
72	25	0,006	0,006	0,06	0,025	0,0002
73	18	0,004	0,006	1,11	1,452	0,0015
74	29	0,007	0,006	1,02	1,252	0,0013
75	19	0,005	0,006	0,78	0,779	0,0011
76	18	0,004	0,006	0,93	1,069	0,0012
77	21	0,005	0,006	0,24	0,121	0,0004
78	14	0,003	0,006	1,67	3,130	0,0021
79	24	0,006	0,005	0,30	0,166	0,0005
80	22	0,005	0,005	- 0,07	0,002	0,0000
81	17	0,004	0,005	0,87	0,959	0,0011

82	13	0,003	0,005	1,69	3,224	0,0020
83	13	0,003	0,005	1,65	3,065	0,0020
84	24	0,006	0,005	0,60	0,499	0,0008
85	25	0,006	0,005	0,88	0,970	0,0011
86	30	0,007	0,005	2,05	4,636	0,0024
87	18	0,004	0,005	0,35	0,213	0,0005
88	12	0,003	0,005	1,65	3,098	0,0019
89	40	0,010	0,005	4,50	21,174	0,0050
90	27	0,007	0,005	1,62	2,976	0,0019
91	24	0,006	0,005	0,99	1,206	0,0012
92	24	0,006	0,005	1,04	1,326	0,0012
93	12	0,003	0,005	1,45	2,447	0,0017
94	23	0,006	0,005	0,91	1,051	0,0011
95	16	0,004	0,005	0,44	0,310	0,0006
96	23	0,006	0,005	1,01	1,269	0,0012
97	15	0,004	0,004	0,59	0,503	0,0007
98	18	0,004	0,004	- 0,08	0,002	0,0000
99	18	0,004	0,004	- 0,04	0,007	0,0001
4043					172,511	0,0017

Fonte: Do autor (2020)

A Média dos Desvios Absolutos apresentou valor 0,0017, o que sugere conformidade aceitável do conjunto dos dados à Lei de Benford, conforme parâmetros do Quadro 1.

No entanto, o teste Qui-Quadrado apresentou resultado 172,511, acima do valor crítico 112,02, rejeitando-se assim a hipótese nula para o conjunto de dados.

Nesse sentido, o resultado do teste Z rejeitou a hipótese nula para os primeiros dígitos 14, 22, 25, 29, 55, 86 e 89. Uma vez que o teste identificou mais do que cinco picos significativos, limite considerado aceitável para Nigrini (2012), entende-se que as frequências das notas de empenho cujos valores iniciam-se pelos dois primeiros dígitos rejeitados pelo teste Z não se conformam com a Lei de Benford.

4.2.2 Resultado do Teste da Soma

Considerando a diferença de 0,011 sugerida por Cunha (2016), o teste apontou picos para as somas dos valores das notas de empenho para os dos primeiros dígitos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20 e 26, conforme resumido na tabela abaixo (TABELA 6).

Tabela 6 – Resultado do Teste da Soma para os dois primeiros dígitos dos valores das notas de empenho.

d1d2	Soma (R\$)	Real	Benford	Diferença
10	3.424.474,81	0,033	0,011	0,022
11	5.640.278,20	0,055	0,011	0,044
12	3.309.886,31	0,032	0,011	0,021
13	5.222.067,06	0,051	0,011	0,040
14	4.022.983,89	0,039	0,011	0,028
15	3.560.931,32	0,035	0,011	0,023
16	4.858.695,17	0,047	0,011	0,036
17	1.906.768,21	0,018	0,011	0,007
18	5.456.344,04	0,053	0,011	0,042
19	1.705.276,64	0,017	0,011	0,005
20	3.216.110,39	0,031	0,011	0,020
21	745.126,91	0,007	0,011	-0,004
22	577.883,84	0,006	0,011	-0,006
23	827.872,88	0,008	0,011	-0,003
24	1.766.152,09	0,017	0,011	0,006
25	622.643,95	0,006	0,011	-0,005
26	3.867.338,01	0,038	0,011	0,026
27	795.068,51	0,008	0,011	-0,003
28	1.024.000,39	0,010	0,011	-0,001
29	1.200.711,19	0,012	0,011	0,001
30	1.200.867,61	0,012	0,011	0,001
31	1.228.287,16	0,012	0,011	0,001
32	1.112.062,81	0,011	0,011	-0,000
33	1.302.000,38	0,013	0,011	0,002
34	1.086.669,68	0,011	0,011	-0,001
35	552.391,30	0,005	0,011	-0,006
36	441.320,25	0,004	0,011	-0,007
37	2.241.073,29	0,022	0,011	0,011
38	2.112.554,14	0,020	0,011	0,009
39	374.677,79	0,004	0,011	-0,007
40	1.952.334,17	0,019	0,011	0,008
41	750.466,62	0,007	0,011	-0,004
42	748.080,36	0,007	0,011	-0,004
43	192.511,25	0,002	0,011	-0,009
44	784.514,97	0,008	0,011	-0,004
45	747.955,08	0,007	0,011	-0,004
46	839.025,74	0,008	0,011	-0,003
47	243.953,77	0,002	0,011	-0,009
48	658.559,26	0,006	0,011	-0,005
49	454.789,86	0,004	0,011	-0,007
50	325.508,94	0,003	0,011	-0,008
51	914.816,20	0,009	0,011	-0,002
52	240.661,31	0,002	0,011	-0,009

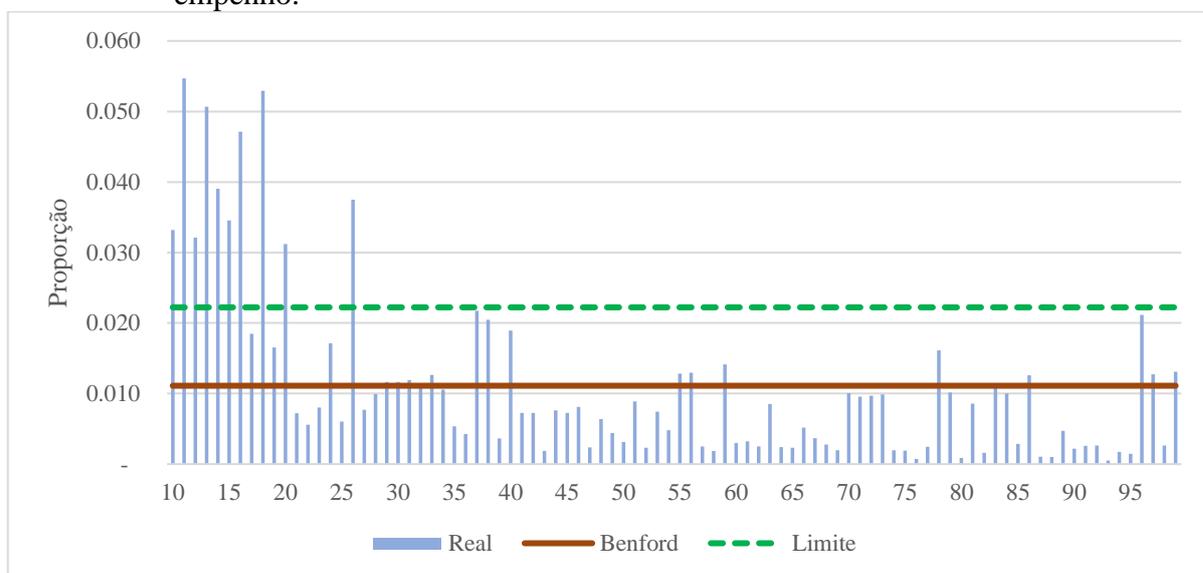
53	768.683,96	0,007	0,011	-0,004
54	494.358,58	0,005	0,011	-0,006
55	1.323.650,33	0,013	0,011	0,002
56	1.334.030,74	0,013	0,011	0,002
57	257.031,45	0,002	0,011	-0,009
58	190.847,32	0,002	0,011	-0,009
59	1.459.439,03	0,014	0,011	0,003
60	308.613,35	0,003	0,011	-0,008
61	333.555,09	0,003	0,011	-0,008
62	258.697,76	0,003	0,011	-0,009
63	877.258,71	0,009	0,011	-0,003
64	250.555,57	0,002	0,011	-0,009
65	240.305,65	0,002	0,011	-0,009
66	531.689,08	0,005	0,011	-0,006
67	381.777,16	0,004	0,011	-0,007
68	284.534,70	0,003	0,011	-0,008
69	200.001,07	0,002	0,011	-0,009
70	1.037.128,59	0,010	0,011	-0,001
71	984.036,67	0,010	0,011	-0,002
72	1.001.046,47	0,010	0,011	-0,001
73	1.021.196,98	0,010	0,011	-0,001
74	202.422,05	0,002	0,011	-0,009
75	196.766,81	0,002	0,011	-0,009
76	74.976,83	0,001	0,011	-0,010
77	253.639,15	0,002	0,011	-0,009
78	1.664.627,28	0,016	0,011	0,005
79	1.048.618,55	0,010	0,011	-0,001
80	88.585,87	0,001	0,011	-0,010
81	882.524,83	0,009	0,011	-0,003
82	166.148,73	0,002	0,011	-0,009
83	1.146.334,51	0,011	0,011	0,000
84	1.034.601,36	0,010	0,011	-0,001
85	297.436,96	0,003	0,011	-0,008
86	1.297.912,82	0,013	0,011	0,001
87	108.560,18	0,001	0,011	-0,010
88	103.846,61	0,001	0,011	-0,010
89	484.875,67	0,005	0,011	-0,006
90	226.234,10	0,002	0,011	-0,009
91	265.872,09	0,003	0,011	-0,009
92	269.978,27	0,003	0,011	-0,008
93	52.350,12	0,001	0,011	-0,011
94	180.248,70	0,002	0,011	-0,009
95	152.954,13	0,001	0,011	-0,010
96	2.183.407,58	0,021	0,011	0,010

97	1.315.136,51	0,013	0,011	0,002
98	273.745,74	0,003	0,011	-0,008
99	1.348.268,64	0,013	0,011	0,002
Total	103.114.208,10			

Fonte: Do autor (2020)

O resultado do Teste da Soma é visualmente representado no Gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 – Proporção das somas segundo os dois primeiros dígitos dos valores das notas de empenho.



Fonte: Do autor (2020)

Ao cabo dos Testes dos Dois Primeiros Dígitos e o da Soma, a amostra de auditoria segundo o método da Lei de Benford selecionou 509 fornecedores (68,7% dos 741 fornecedores do conjunto), por serem credores das notas de empenho cujos valores se iniciam pelos dígitos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 26, 29, 55, 86 e 89, as quais somam R\$48.086.787,00.

Considerando o conjunto das notas de empenho analisadas, os 509 fornecedores selecionados somam R\$93.705.206,27 em valores empenhados, o equivalente a 90,88% do saldo das notas de empenho analisadas no período (ou R\$103.114.208,10).

A amostra selecionou todos os sete fornecedores-alvo identificados no Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 da Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2013). A tabela 7 a seguir relaciona todos os valores das notas de empenho para cada um dos sete fornecedores-alvo. Os valores destacados em cinza correspondem àqueles identificados pelo Teste da Soma; e os grafados em *itálico*, em *vermelho*, aos identificados pelo Teste dos Dois Primeiros Dígitos.

Tabela 7 – Relação dos valores das notas de empenho (em R\$) por fornecedor-alvo, destacando aqueles identificados pelos testes primários e avançados à Lei de Benford.

SN	HH	MC	CA	DD	CC	JJ
2.637.802,51	1.515.082,48	599.600,00	448.875,00	386.853,47	105.000,00	126.997,98
1.612.010,14	382.456,06	299.800,00	409.749,10	126.711,12	60.000,00	42.333,32
1.157.246,00	347.594,75	149.900,00	152.013,50	111.888,00	45.000,00	21.166,00
730.743,50	263.554,88	149.900,00	103.271,25	60.673,42	30.000,00	
	263.554,88	5.196,00	33.450,00	46.364,61	30.000,00	
	123.624,37			36.840,15	30.000,00	
				7.544,43	30.000,00	
					15.000,00	
					15.000,00	
6.137.802,15	2.895.867,42	1.204.396,00	1.147.358,85	776.875,20	360.000,00	190.497,30
4	6	5	5	7	9	3

Fonte: Do autor (2020)

Percebe-se da tabela acima que o Teste da Soma identificou valores empenhados para todos os sete fornecedores-alvo; ao passo que o Teste dos Dois Primeiros Dígitos acusou valores para apenas um deles. Se apenas este teste fosse aplicado, somente o fornecedor-alvo “MC” comporia a amostra de fornecedores, evidenciando-se assim a relevância do teste desenvolvido por Nigrini (2012).

4.3 Resultado das amostras pelos métodos combinados da Lei de Benford e curva ABC

De posse da amostra obtida acima, procedeu-se ao estágio de refinamento pelo método da curva ABC segundo os dois critérios de materialidade. Um considerando apenas os valores das notas de empenho cujos dois primeiros dígitos foram identificados pelo método da Lei de Benford. E o outro considerando todos os valores empenhados para os fornecedores selecionados por aquela amostra.

Conforme Tabela 8 abaixo, as faixas “A” e “B” da curva ABC indicam que 6,49% dos 509 fornecedores selecionados pelo método da Lei de Benford representam 80,06% do saldo das notas de empenho identificados pelo método da Lei de Benford.

Tabela 8 – Resultado do método combinado para seleção de amostra de auditoria segundo a materialidade das notas de empenho selecionadas pelo método da Lei de Benford.

Faixa	Fornecedores (Benford)	Percentual	Saldo (\$1d2)	Percentual	Alvos
-------	------------------------	------------	---------------	------------	-------

A	9	1,77%	R\$25.798.544,34	53,65%	2
B	24	4,72%	R\$12.697.512,57	26,41%	2
C	476	93,52%	R\$ 9.590.730,09	19,94%	3
Total	509	100,00%	R\$48.086.787,00	100,00%	7

Fonte: Do autor (2020)

O tamanho da amostra corresponde a 33 fornecedores, dentre os quais quatro são fornecedores-alvo identificados no Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 da Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2013).

Já conforme a Tabela 9 abaixo, as faixas “A” e “B” da curva ABC indicam que 8,45% dos 509 fornecedores selecionados pelo método da Lei de Benford representam 80,06% do saldo de todos os valores empenhados para aqueles credores.

Tabela 9 – Resultado do método combinado para seleção de amostra de auditoria segundo a materialidade total das notas de empenho.

Faixa	Fornecedores (Benford)	Percentual	Saldo (\$total)	Percentual	Alvos
A	13	2,55%	R\$48.434.668,91	51,69%	2
B	30	5,89%	R\$26.587.934,07	28,37%	3
C	466	91,55%	R\$18.682.603,29	19,94%	2
Total	509	100,00%	R\$93.705.206,27	100,00%	7

Fonte: Do autor (2020)

Assim, o tamanho da amostra corresponde a 43 fornecedores, dentre os quais cinco são fornecedores-alvo identificados no Relatório de Demandas Externas nº 00211.000509/2012-19 da Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2013).

4.4 Avaliação do desempenho de seleção das amostras

Para cada método de seleção de amostra de auditoria, foram calculados os respectivos indicadores de Eficácia (E_{FK}), Eficiência (E_{FC}) e Acurácia (A_{KC}), cujos resultados apresentam-se resumidos abaixo, onde F_{AA} representa a quantidade de fornecedores-alvo nas amostras; e n , a quantidade de fornecedores selecionados ou o tamanho das amostras (TABELA 10).

Tabela 10 – Desempenho das amostras de auditoria segundo o seu tamanho e a quantidade de fornecedores-alvo identificados.

Fornecedores-Alvo	ABC	Benford	Benford ABC (\$ <i>1d2</i>)	Benford ABC (\$ <i>total</i>)
-------------------	-----	---------	---------------------------------	-----------------------------------

SN	x	x	x	x
HH	x	x	x	x
MC	x	x	x	x
CA	x	x	x	x
DD	x	x		x
CC		x		
JJ		x		
F _{AA}	5	7	4	5
<i>n</i>	55	509	33	43
E _{FK}	71,43%	100,00%	57,14%	71,43%
E _{FC}	9,09%	1,38%	12,12%	11,63%
A _{KC}	16,13%	2,71%	20,00%	20,00%

Fonte: Do autor (2020)

Conforme resultados registrados acima, a amostra pelo método da Lei de Benford apresentou máxima eficácia (100%), contendo todos os sete fornecedores-alvo. Por outro lado, apresentou os menores indicadores de eficiência e de acurácia, uma vez que a amostra (*n*) constitui-se de grande quantidade de itens, correspondendo a 2/3 dos 741 fornecedores disponíveis. Em termos de custo para uma ação de controle, a amostra seria inviável.

A amostra pelo método da curva ABC e a amostra pelo o método combinado segundo a materialidade dos valores totais dos empenhos, ou simplesmente Benford ABC (*\$total*), demonstraram a mesma eficácia ($E_{FK} = 71,43\%$), ao selecionar cinco dos sete fornecedores-alvo. O tamanho das amostras apresentou baixa quantidade relativa de itens, correspondendo respectivamente a 7,42% ($n = 55$) e 5,80% ($n = 43$) da quantidade de fornecedores totais disponíveis. Por conta da melhor eficiência amostral ($E_{FC} = 11,63\%$), no entanto, o método combinado apresentou-se mais acurado ($A_{KC} = 20,00\%$).

Já a amostra pelo método combinado segundo a materialidade das notas de empenho selecionadas pela Lei de Benford, ou simplesmente Benford ABC (*\$d1d2*), demonstrou ser o menos eficaz dentre os métodos estudados ($E_{FK} = 57,14\%$), selecionando quatro dos sete fornecedores-alvo. No entanto, por apresentar o menor tamanho amostral ($n = 33$), o método demonstrou ser o mais eficiente ($E_{FC} = 12,12\%$); e tão acurado ($A_{KC} = 20,00\%$) quanto o método combinado Benford ABC (*\$total*).

Uma vez que todos os sete fornecedores-alvo foram selecionados pela Lei de Benford, o fato de os métodos combinados não os terem absorvidos integralmente em suas amostras decorre necessariamente da aplicação da técnica da curva ABC, sob influência da materialidade associada aos fornecedores sobre as quais se processara a técnica.

Assim, para o método combinado Benford ABC (*\$total*), em que a materialidade corresponde a todas as notas de empenho associadas aos fornecedores selecionados pelo método da Lei de Benford, o fornecedor-alvo “DD” apresentou materialidade relativa suficiente para compor a amostra. Já para o método combinado Benford ABC (*\$d1d2*), cuja materialidade restringe-se apenas às das notas de empenho selecionadas pelo método da Lei de Benford, o fornecedor-alvo “DD” não apresentou materialidade relativa suficiente para compor a respectiva amostra. Vale reforçar que para ambos os métodos combinados o grupo de fornecedores submetidos à técnica da curva ABC são os mesmos, ou seja, aqueles selecionados pelo método segundo a Lei de Benford.

Paralelamente, relacionam-se na Tabela 11 as probabilidades de se sortear aleatoriamente conjuntos de objetos (fornecedores) com as mesmas características das diferentes amostras de auditoria obtidas – em tamanho e em quantidade de fornecedores-alvo (sucessos) identificados – a partir das suas populações correspondentes (espaços amostrais) – em tamanho e em quantidade de fornecedores-alvo (sucessos) possíveis, conforme equação (13).

Tabela 11 – Probabilidades de seleção aleatória, sem reposição de objeto, para conjuntos com mesmas características das amostras a partir de suas respectivas populações.

Parâmetro	ABC	Benford	Benford ABC (<i>\$d1d2</i>)	Benford ABC (<i>\$total</i>)
<i>X</i>	5	7	4	5
<i>n</i>	55	509	33	43
<i>A</i>	7	7	7	7
<i>N</i>	741	741	509	509
Probabilidade %	0,003%	7,123%	0,043%	0,006%

Fonte: Do autor (2020)

Na tabela acima, *X* representa a quantidade de fornecedores-alvo (sucessos) na amostra; *n*, o tamanho da amostra; *A*, a quantidade de fornecedores-alvo (sucessos) na população; e *N*, o tamanho da população. Vale destacar, que a quantidade de sucessos possíveis *A* se manteve constante para todos os casos, uma vez que a amostra de fornecedores obtida pelo método da Lei de Benford selecionara todos os sete fornecedores-alvo.

Portanto, para as características da amostra obtida pelo método da curva ABC, a probabilidade de serem sorteados, aleatoriamente, 55 fornecedores dos quais 5 sejam fornecedores-alvo a partir de uma população de 741 fornecedores dos quais 7 são fornecedores-

alvo é de 0,003%. Considerando os respectivos parâmetros, o raciocínio repete-se para os três casos subsequentes.

Da mesma forma, relacionam-se na Tabela 12 as probabilidades de se sortear aleatoriamente conjuntos de objetos com as mesmas características das diferentes amostras de auditoria obtidas – em tamanho e em quantidade de fornecedores-alvo (sucessos) identificados – porém a partir do Universo de fornecedores, como forma de demonstrar incremento estatístico da aplicação da Lei de Benford nos métodos combinados.

Tabela 12 – Probabilidades de seleção aleatória, sem reposição de objeto, para conjuntos com mesmas características das amostras a partir do Universo estudado.

Parâmetro	ABC	Benford	Benford ABC (\$d1d2)	Benford ABC (\$total)
<i>X</i>	5	7	4	5
<i>n</i>	55	509	33	43
<i>A</i>	7	7	7	7
<i>N</i>	741	741	741	741
Probabilidade %	0,003%	7,123%	0,010%	0,001%

Fonte: Do autor (2020)

A diferença entre a Tabela 11 e a Tabela 12 está no fato de que nesta todas as probabilidades consideram como população o universo de 741 fornecedores. Como este universo também corresponde à população sobre a qual os métodos da curva ABC e da Lei de Benford foram aplicados, para estes casos as probabilidades de se sortear aleatoriamente conjuntos de objetos (fornecedores) com as mesmas características daquelas amostras não se alteraram.

Já para os conjuntos com características das amostras obtidas pelos métodos combinados, a seleção aleatória apresenta probabilidades inferiores às obtidas na Tabela 11. Isso se deveu pelo incremento da população *N* (TABELA 13).

Tabela 13 – Probabilidades de seleção aleatória, sem reposição de objeto, a partir de duas populações, para conjuntos com mesmas características das amostras obtidas pelos métodos combinados.

Parâmetro	Benford ABC (\$d1d2)		Benford ABC (\$total)	
<i>X</i>	4	4	5	5
<i>n</i>	33	33	43	43
<i>A</i>	7	7	7	7
<i>N</i>	741	509	741	509
Probabilidade %	0,010%	0,043%	0,001%	0,006%

Fonte: Do autor (2020)

Portanto, a amostra de fornecedores resultante do método de seleção segundo a Lei de Benford constituiu-se em um espaço amostral estatisticamente mais provável a se selecionarem aleatoriamente conjuntos de objetos com as características das amostras dos métodos combinados, quanto a tamanho e quantidades de sucessos.

Assim, da Tabela 13 observa-se que seria quatro vezes mais provável um conjunto de fornecedores com as mesmas características, de sucesso e de tamanho, da amostra obtida pelo método combinado Benford ABC ($\$d1d2$) ser sorteada a partir do espaço amostral constituído pelo resultado do método da Lei de Benford do que diretamente a partir do universo estudado de 741 fornecedores.

Da mesma forma, seria seis vezes mais provável um conjunto de fornecedores com as mesmas características, de sucesso e de tamanho, da amostra obtida pelo método combinado Benford ABC ($\$total$) ser sorteada a partir do espaço amostral constituído pelo resultado do método da Lei de Benford do que diretamente a partir do universo estudado de 741 fornecedores.

5 CONCLUSÃO

Assim como concluído por Zanchettin (2018), a amostra obtida apenas pelo método da Lei de Benford apresentou maior quantidade de itens e menor valor amostral do que aquela obtida pelo tradicional método da curva ABC. Os resultados dos métodos combinados, por sua vez, alinharam-se à conclusão de Cunha (2013) no sentido de que a Lei de Benford funciona como um filtro ou um anteparo à aplicação da curva ABC, de modo a restringir o olhar do auditor a valores com maior risco.

Considerando-se a finalidade subjacente ao objetivo da pesquisa – a de se selecionarem fornecedores para eventual aplicação de testes de auditoria com vistas à detecção de fraudes ou impropriedades na execução financeira de contratos –, os resultados apontaram a adequabilidade da aplicação combinada dos modelos da Lei de Benford com a curva ABC para obtenção de amostras de auditoria, apresentando melhor desempenho médio ($A_{KC} = 20,00\%$) do que a tradicional técnica de Pareto ($A_{KC} = 16,13\%$) e o método baseado isoladamente na Lei de Benford ($A_{KC} = 2,71\%$).

Em especial, o método combinado em que se consideraram para a curva ABC os valores totais dos empenhos associados identificou a mesma quantidade de sucessos (fornecedores com

contratos irregulares) do que a amostra obtida pelo método isolado da curva ABC ($E_{FK} = 71,43\%$), porém com menor tamanho amostral. Com isso, o método combinado “Benford ABC (\$total)” foi mais eficiente ($E_{FC} = 11,63\%$) do que a técnica de Pareto apenas ($E_{FC} = 9,09\%$).

É importante ressaltar que as probabilidades de serem sorteadas amostras aleatórias com essas composições são muito baixas (vide Tabela 11), indicando que esses resultados se devem às características das técnicas e não ao mero acaso.

Uma vez que se desconhece do conjunto de dados analisados a real extensão de fornecedores cuja execução contratual das despesas tenha se realizado de maneira irregular ou mesmo fraudulenta, o estudo não avaliou os modelos quanto ao erro de detecção (falsos positivo e negativo), sendo as medidas de desempenho utilizadas apenas como critério comparativo entre as amostras estudadas. Ademais, porquanto o estudo limitou-se a um caso individual, os resultados obtidos não podem ser extrapolados estatisticamente.

Para estudos futuros sugere-se ampliar os casos analisados de forma que os resultados apresentem representatividade estatística associados aos modelos; bem como limitar-se a dados, registros ou contas que se conheça a ocorrência integral das irregularidades estudadas, a partir de análises censitárias ou mediante amostragem probabilística aleatória. Nesse sentido, o trabalho aponta ainda a possibilidade de se estudarem métodos combinados baseados na Lei de Benford para classificadores de dados anômalos em mineração de dados.

6 REFERÊNCIAS

ARNOLD, B. C. **Pareto Distributions**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

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

BRASIL. Lei nº 10.180, de 06 de fevereiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, 07 fev. 2001.

_____. Tribunal de Contas da União. **Técnicas de Amostragem para Auditorias**. Brasília, 2002.

_____. Departamento da Polícia Federal. **Orientação Técnica (OT), 001-DITEC**, de 10 de março de 2010 - Dispõe sobre a padronização de procedimentos e exames para análise de desvios de recursos públicos em obras no âmbito da perícia de Engenharia Legal (Engenharia Civil). 2010.

_____. Tribunal de Contas da União. **Documento de Orientação - Adsup 3/2012 (DO - Adsup 3/2012)**. 2012a.

_____. Tribunal de Contas da União. **Roteiro de Auditoria de Obras Públicas**. Portaria-SEGECEX TCU nº 33, de 07 de dezembro de 2012. Brasília, 2012b.

_____. Controladoria-Geral da União / Secretaria Federal de Controle Interno. **RELATÓRIO DE DEMANDAS EXTERNAS Número: 00211.000509/2012-19**. Brasília, 03 abr. 2013. 178 p.

_____. Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União / Secretaria Federal de Controle Interno. **Referencial Técnico da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal**. Brasília, 2017. 34 p.

CARSLAW, C. A. P. N. Anomalies in Income Numbers: Evidence of Goal Oriented Behavior. **The Accounting Review**, v. 63, n. 2, p. 321-327, Apr.1988.

CARVALHO, J. M. C. de. **Logística**. 3. ed. Lisboa: Edições Silabo, 2002.

CASTRO, L. N. de; FERRARI, D. G. **Introdução à mineração de dados: conceitos básicos, algoritmos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2016.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. **NBC TA 530** – Amostragem em auditoria. 2009.

_____. **NBC TA 240 (R1)** – Responsabilidade do auditor em relação a fraude, no contexto da auditoria de demonstrações contábeis. 2016a.

_____. **NBC TA 500 (R1)** – Evidência de auditoria. 2016b.

COSTA, J. I. de F. **Desenvolvimento de metodologias contabilométricas aplicadas a auditoria contábil digital: uma proposta de análise da lei de Newcomb-Benford para os Tribunais de Contas**. 2012. 417 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

COSTA, J. I. de F.; HENRIQUES, D. B. B.; MELO, S. de B.; SANTOS, J. dos. Análise de Métodos Contabilométricos para determinação de Conformidade da Lei de Newcomb-Benford Aplicados à Auditoria Contábil. **Revista Gestão Pública: Práticas e Desafios**. Recife, v. 3, n. 6, p. 292-314, dez. 2012.

CUNHA, F. C. R. da. **Aplicações da lei Newcomb-Benford à auditoria de obras públicas**. 2013. Brasília, 2013. 486 p. Dissertação (Mestrado em Regulação e Gestão de Negócios)-Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

_____. **Seleção de amostra de auditoria de obras públicas pela lei de Benford: versão estendida**. São Paulo: IBRAOP, 2016.

DECLOEDT, C. Prevenção e detecção de fraudes é a maior preocupação dos auditores no Brasil. **O Estado de S. Paulo Online**. São Paulo, 27 set. 2016. Disponível em <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral/prevencao-e-deteccao-de-fraudes-e-a-maior-preocupacao-dos-auditores-no-brasil,10000078538>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

DELOITTE TOUCHE TOHMATSU; INSTITUTO DOS AUDITORES INTERNOS DO BRASIL. **Auditoria Interna no Brasil**: análise comparativa das tendências globais para uma função em transformação. 2016.

DRAKE, P. D.; NIGRINI, M. J. Computer Assisted Analytical Procedures Using Benford's Law. **Journal of Accounting Education**, v. 18, n. 2, p. 127-146, 2000.

DURTSCHI, C.; HILLISON, W.; PACINI, C. The Effective Use of Benford's Law to Assist in Detecting Fraud in Accounting Data. **Journal of Forensic Accounting**, v. 5, n. 1, p. 17-34, 2004.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório Corrupção**: custos econômicos e propostas de combate. São Paulo, 2010. 35 p. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/relatorio-corrupcao-custos-economicos-e-propostas-de-combate/>>. Acesso em: 17 dez. 2019.

GUIMARÃES, P. W. **Variação de renda familiar, desigualdade e pobreza no Brasil**. 2007. 177 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

HILL, T. P. A Statistical Derivation of the Significant-Digit Law. **Statistical Science**, v. 10, n. 4, p. 354-363, 1995.

IBRAOP – Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas. **Orientação Técnica 5/2012 - OT - IBR 005/2012**, Apuração do Sobrepreço e Superfaturamento em Obras Públicas, 2012.

INDICADORES IBGE: CONTAS NACIONAIS TRIMESTRAIS. Rio de Janeiro: IBGE, 1999-. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72121>>. Acesso em: 07 maio 2020.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M.; BINGHAM, R. S. **Quality Control Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1951.

KROLL. **Relatório Global de Fraude e Risco**: Construindo Resiliência em um Mundo Volátil. São Paulo, 2017.

MARX, C. A. Combate à corrupção e aprimoramento da gestão: a dualidade do controle interno no Brasil. **Revista da CGU**, Brasília, v. 8, n. 12, p. 351-371, 2016.

NEWCOMB, S. Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers. **The American Journal of Mathematics**, v. 4, n. 1, p. 39-40, 1881.

NIGRINI, M. J. **Digital analysis using Benford's law**. Vancouver: Global Audit Publications, 2000.

_____. **Benford's Law**: Applications for Forensic Accounting Auditing, and Fraud Detection. Hoboken, New Jersey: J. Wiley, 2012.

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

PEDROSO, C. M. **Distribuições de Probabilidade**. Curitiba, 2017. Disponível em: <<https://www.eletrica.ufpr.br/pedroso/2017/TE816/Distribuicoes.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2020.

SANTOS, J.; DINIZ, J. A.; RIBEIRO FILHO, J. F. A Lei de Newcomb-Benford: uma aplicação para determinar o DNA-equivalente das despesas no setor público. **Anais do Seminário USP de Contabilidade e Controladoria**, v. 3, 2003.

_____. A Lei de Newcomb-Benford: aplicação da Lei de Newcomb-Benford na auditoria. Caso notas de empenho dos municípios do Estado da Paraíba. **Anais do Seminário USP de Contabilidade e Controladoria**, v. 5, 2004.

SANTOS, A; GRATERON, I. R. G. Contabilidade criativa e responsabilidade dos auditores. **Revista Contabilidade & Finanças - USP**, São Paulo, n. 32, p. 7-22, maio/agosto 2003.

VIEIRA, A. da S. A Lei de Newcomb-Benford como critério de seleção amostral no processo de auditoria fiscal. **Cadernos de Finanças Públicas**, Brasília. n. 14, p. 139-167, dez. 2014.

ZANCHETTIN, F. Caso Prático de Utilização da Lei de Benford na Construção de Amostras de Auditoria. **Revista Contas Abertas**, Campo Grande, n. 4, p. 80-89, set. 2018.