

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

CÍCERO JEFFERSON RODRIGUES DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA LEI DE BENFORD EM
ORÇAMENTOS DE OBRAS: ESTUDO DE CASO**

POMBAL – PB

2021

CÍCERO JEFFERSON RODRIGUES DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA LEI DE BENFORD EM
ORÇAMENTOS DE OBRAS: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Msc. Eduardo Morais de Medeiros

POMBAL – PB

2021

S237a	Santos, Cícero Jefferson Rodrigues dos.
	<p>Análise da viabilidade de aplicação da Lei de Benford em orçamentos de obras: estudo de caso. / Cícero Jefferson Rodrigues dos Santos. - Pombal, 2021.</p>
	72 f. : il. color.
	<p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.</p>
	"Orientação: Prof. Me. Eduardo Morais de Medeiros".
	Referências.
	<p>1. Construção civil. 2. Orçamento de obras. 3. Obras públicas. 4. Lei de Benford. 5. Controle de custos. 6. Indústria da construção civil. I. Medeiros, Eduardo Morais de. II. Título.</p>
	CDU 69(043)

CRERO JEFFERSON RODRIGUES DOS SANTOS

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA LEI DE BENFORD EM
ORÇAMENTOS DE OBRAS: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Agroalimentar da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte das exigências para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA:



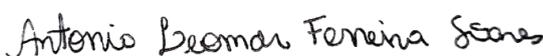
Prof. Eduardo Morais De Medeiros

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. Valter Ferreira de Souza Neto

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Antônio Leomar Ferreira Soares

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, meu Senhor e salvador, o único digno de receber toda honra, glória e adoração; e a toda minha família, que com muito ardor trilharam junto a mim essa jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser pai amoroso e luz em minha vida e me conduzir sempre por bons caminhos, me permitindo chegar até aqui. Por me prover a inteligência e sabedoria necessárias para vencer todos os meus desafios e dificuldades, e por estar sempre ao meu lado, presente em minha vida.

Aos meus pais, Nelson e Carminha, meu maior tesouro na vida, por todo sacrifício feito para que eu sempre tivesse as melhores condições e oportunidades e por não medirem esforços para que eu chegasse até aqui. Por sempre acreditarem em mim e nunca me deixarem desistir, por todo amor e carinho, por serem anjos em minha vida. A vocês, todo meu amor e gratidão.

Aos meus irmãos, Nel e Ney, por toda força e apoio durante essa jornada, pelo incentivo, carinho e zelo que sempre tiveram por mim.

A minha namorada, Estéfany, pela paciência, compreensão, por todo amor, carinho e cumplicidade durante todos esses anos, por me fazer ir sempre mais longe e ser cada vez melhor.

Aos meus colegas de classe e morada, grandes amigos e irmãos que ganhei para toda a vida, por todo companheirismo, aprendizado e sofrimento durante nossa jornada. Foi um prazer estar juntos a vocês.

A meu orientador, Professor Eduardo Morais de Medeiros, por ter aceitado o desafio dessa orientação, por toda a disponibilidade e ajuda prestada a mim, pelo profissionalismo e pelos conhecimentos passados, pelo grande homem que é.

Aos demais professores, servidores e a toda a comunidade da UFCG – Campus Pombal, por contribuírem com a minha formação ética e profissional.

E a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para com mais essa grande conquista em minha vida.

“Confie no SENHOR, e ele o ajudará; seja
reto o seu caminho, e espera no senhor.”
(Eclesiástico 2: 6)

RESUMO

A indústria da Construção Civil ocupa um importante papel nos panoramas social e econômico no cenário brasileiro, contribuindo com a geração de empregos diretos e indiretos. Entretanto, a Construção Civil ainda carece ser observada com mais zelo, uma vez que muitos dos recursos públicos são destinados ao financiamento de obras públicas, que em alguns casos, causam grandes prejuízos aos cofres públicos, a exemplo de algumas das obras realizadas para a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016 e tantos outros empreendimentos utilizados como meio de desvio de dinheiro e beneficiamento de terceiros. Em contrapartida, pesquisadores tem buscado soluções com o intuito de reverter esse cenário e melhorar os processos de fiscalização e identificação dessas irregularidades causadas em orçamentos de obras públicas. Uma destas ferramentas é a Lei de Benford, um método matemático capaz de identificar fraudes ou modificações em um banco de dados através da observação da probabilidade com que os dígitos ocorrem. Desta forma, esta pesquisa realiza um estudo em que se analisa a viabilidade da aplicação da Lei de Benford na averiguação de quatro orçamentos de obras públicas de diferentes proporções, buscando identificar quais os serviços mais significativos dessas planilhas a exemplo do que faz a curva ABC, comparando os resultados obtidos por cada método, a fim de medir o desempenho da Lei de Benford e propor ou não a sua utilização para essa finalidade. As planilhas orçamentarias foram submetidas a ambas as metodologias e ao se comparar os resultados, a Lei de Benford se mostrou eficiente ao apresentar resultados muito próximos dos obtidos pela curva ABC. Entretanto, devido a avaliação de cada método, a Lei de Benford selecionou um volume maior de dados considerados como significativos, o que ocasionou a haver itens presentes em sua amostra e ausentes na outra. Neste sentido, a partir dos resultados obtidos, a utilização conjunta dos métodos pode ser considerada uma alternativa viável na orçamentação de obras, uma vez que devido a sua complementariedade há a possibilidade de se obter um maior volume de dados e realizar análises de custos e serviços mais completas.

Palavras-chave: Orçamento de obras; Obras públicas; Lei de Benford; Controle de custos.

ABSTRACT

The Civil Construction industry takes an important role in the social and economic view in Brazil, contributing to the generation of direct and indirect jobs. However, Civil Construction needs to be observed with more zeal, since many of the public resources are used to finance public works, which, in some cases, cause great damage to public coffers, an example of some works carried out for the 2014 World Cup and the 2016 Olympics and many other projects used as a means of embezzling money and benefiting third parties. As such, researchers have been looking for solutions with intention of reverse this scene and get better the inspection and identification processes of these irregularities caused in public works budgets. One of these tools is Benford's Law, a mathematical method capable of identifying frauds or changes in a database by observing the probability that the digits will occur. In this way, this research consists of analyzing the viability of applying Benford's Law in investigating of four budgets for public works of different proportions, trying to identify which are the most significant services of these budgets, as the ABC curve does, comparing the results obtained by each method, in order to measure the performance of Benford's Law and propose or not its use for this purpose. The budget spreadsheets were submitted to both methodologies and when comparing the results, a Benford's Law showed efficient results very close to those obtained with the ABC curve. However, due to the evaluation of each method, Benford's Law selected a larger volume of data that was considered significant, which resulted in there being items present in one sample and absent in the other. In this sense, from the results obtained, the joint use of the methods can be considered a viable alternative in the budgeting of works, since, due to their complementarity, it is possible to obtain a larger volume of data and then perform a analysis of costs and services more complete.

Keywords: Construction budgets; Public Works; Benford's Law; Cost Control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de procedimentos.....	21
Figura 2 - Representação gráfica generalista da Curva ABC.....	27
Figura 3 - Fluxograma geral do trabalho.	34
Figura 4 - Perspectiva arquitetônica da Usina Piloto.....	37
Figura 5 - Fachada da escola de 12 salas padrão FNDE.....	38
Figura 6 - Perspectiva da Escola Sustentável.....	39
Figura 7 - Etapas de aplicação do algoritmo.	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Frequências dos primeiros dígitos segundo a Lei de Benford.	43
Gráfico 2 - Frequências dos Dois Primeiros Dígitos segundo a Lei de Benford.	44
Gráfico 3 – Distribuição dos primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.	52
Gráfico 4 – Distribuição dos dois primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.	55
Gráfico 5 - Proporção dos dados de acordo com o Teste da Soma referente a obra da Usina Piloto.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da curva ABC.....	28
Tabela 2 - Distribuição de probabilidade de ocorrência dos dígitos.	30
Tabela 3 - Níveis usuais de significância adotados para o Teste Z.....	45
Tabela 4 - Limites adotados para o Teste QQ aplicados aos Teste do Primeiro Dígito e dos Dois Primeiros Dígitos.	46
Tabela 5 - Valores críticos e conclusões para vários resultados de MDA.....	47
Tabela 6 - Resultados das curvas ABC das obras analisadas.	50
Tabela 7 - Resultados dos testes estatísticos para os primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.	51
Tabela 8 - Resultados dos testes estatísticos para os dois primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.	53
Tabela 9 – Resultados do Teste da Soma referentes a obra da Usina Piloto.	56
Tabela 10 – Confirmação da criticidade dos dígitos selecionados através do confronto entre os Testes dos dois primeiros dígitos e da soma.	57
Tabela 11 – Amostra final referente aos dígitos selecionados para a obra da Usina Piloto.	58
Tabela 12 – Resumo dos resultados para os testes QQ e MDA para os primeiros e dois primeiros dígitos referente a todas as obras analisadas.....	60
Tabela 13 - Resumo dos resultados para o teste Z para os primeiros e dois primeiros dígitos referente a todas as obras analisadas.	61
Tabela 14 – Comparativo entre resultados obtidos pela curva ABC e Lei de Benford para todas as obras analisadas.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Serviços identificados como relevantes pela curva ABC que não foram identificados pela Lei de Benford.	63
Quadro 2 – Fragmento dos serviços identificados como relevantes pela Lei de Benford que não foram identificados pela curva ABC.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

BDI – Benefício de Despesas Indiretas

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

IBRAOP – Instituto Brasileiro de Auditorias de Obras Públicas

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TCU – Tribunal de Contas da União

TCE-PR – Tribunal de Contas do Estado do Paraná

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	OBJETIVOS	19
2.1.	Objetivo Geral	19
2.2.	Objetivos Específicos	19
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1.	Contratação e Execução de Obras Públicas.....	20
3.1.1.	Orçamentação de obras públicas	22
3.2.	Controle e Fiscalização de Obras Públicas.....	23
3.3.	Curva ABC	26
3.4.	Lei de Benford.....	28
4.	METODOLOGIA.....	34
4.1.	Delimitação do tema.....	35
4.2.	Seleção das obras.....	35
4.2.1.	Critérios para seleção das obras	35
4.2.2.	Obras selecionadas	36
4.2.2.1.	Usina Piloto – UFCG (Campus Pombal).....	36
4.2.2.2.	Conjunto de Obras de Infraestrutura - UFRN (Campus - Natal)	37
4.2.2.3.	Escola de 12 salas de aula padrão FNDE (Gravatá-PE)	38
4.2.2.4.	Escola Sustentável (Pombal-PB).....	38
4.3.	Organização das planilhas orçamentárias	39
4.4.	Identificação dos custos mais significativos das planilhas orçamentárias	40
4.4.1.	Curva ABC.....	40
4.4.2.	Lei de Benford	41
4.4.2.1.	Definição dos parâmetros iniciais	41
4.4.2.2.	Teste do Primeiro Dígito	42
4.4.2.3.	Teste dos Dois Primeiros Dígitos.....	43
4.4.2.4.	Testes estatísticos	44
4.4.2.5.	Teste da Soma	47
4.4.2.6.	Confronto entre os Testes dos Dois Primeiros Dígitos e da Soma	47
4.4.2.7.	Valor da amostra selecionada	48
4.4.2.8.	Comparação da amostra com o valor total do orçamento	48
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50

5.1.	Elaboração das Curvas ABC.....	50
5.2.	Testes de conformidade da Lei de Benford.....	51
5.2.1.	Obra da Usina Piloto.....	51
5.2.2.	Resultados para as demais obras	59
5.3.	Comparação das amostras obtidas pela Lei de Benford e Curva ABC	61
6.	CONCLUSÕES.....	66
7.	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	68
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	69

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil se mostrou ser ao longo do tempo um setor importante para o desenvolvimento e bem estar das nações em todo o mundo. A administração pública surge como grande responsável em atender ao interesse público, bem como em prover estruturas para esse fim, através da realização de obras públicas como em áreas da saúde, segurança, justiça e educação.

Dentre as tarefas desenvolvidas pelos gestores públicos, se destacam a contratação e execução de obras, seja pela materialidade dos recursos envolvidos ou pela importância social que a conclusão do empreendimento pode vir a representar para a comunidade onde está inserido (RIBEIRO, 2013).

Neste sentido, em 2007, o governo brasileiro criou o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), provocando maiores investimentos públicos em obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética de todo o país¹, sendo este um dos fatores que contribuíram para a alavancagem do mercado da construção civil brasileira, aumentando a geração de empregos e de parcerias com instituições de segmento privado.

Tal medida expandiu a janela de oportunidades para que empresas privadas ingressassem cada vez mais em processos licitatórios, o qual tem como base a Lei Federal Lei nº 14.133/2021, antiga Lei nº 8.666/1993, que estabelece normas para licitações e contratos administrativos referentes a obras e entre outros serviços da esfera pública do país. No entanto, a lei em questão trata a escolha da empresa vencedora do processo levando em consideração dentre vários outros fatores importantes, o menor preço ofertado, podendo assim, muitas vezes não premiar a empresa mais qualificada para a realização do empreendimento.

Além disso, muitas empresas não são coordenadas por profissionais qualificados como engenheiros e ao participarem de processos licitatórios tendem a reduzir irresponsavelmente os preços em suas propostas com o objetivo de ganhar a disputa, sendo esse um dos principais motivos para o pedido de aditivos de custos para conclusão das obras, o que pode acarretar no superfaturamento, paralização ou até no surgimento de fraudes orçamentárias. Casos de superfaturamento como da

¹ Acesso a informações sobre o PAC. Disponível em: www.pac.gov.br/sobre-o-pac

reforma do Maracanã apresentados por Cunha e Bugarin (2015) e entre outras obras feitas para a Copa do Mundo FIFA 2014 no Brasil, são apenas alguns exemplos mais recentes de superfaturamento de tantas outras obras públicas espalhadas pelo país.

A investigação desses acontecimentos, bem como a verificação da qualidade das obras são apuradas através de auditorias públicas cujo o órgão competente para a sua realização é o Tribunal de Contas da União (TCU) ou os Tribunais de Contas Regionais ou Estaduais. O método comumente utilizado para a seleção das amostras de auditoria é o da Curva ABC, promovendo o agrupamento dos itens idênticos das planilhas em ordem decrescente referente ao seu valor total e selecionando os mais representativos de acordo com o seu custo ou preço.

Segundo Cunha, Bugarin e Portugal (2016), essa metodologia pode funcionar muito bem para planilhas que apresentam poucos itens, no entanto, obras maiores com um vasto número de itens podem ter sua análise total de dados do orçamento como impraticável, visto que a única variável investigada é o custo ou preço total do serviço.

Contudo, estudos recentes como o de Cunha (2013) apontam a utilização de uma metodologia que se baseia em uma regularidade empírica segundo a qual os números não se distribuem de forma uniforme na natureza, sendo esse fenômeno conhecido por Lei de Benford. Por sua vez, esta pode ser muito útil na identificação de fraudes ou manipulações de dados, já que ao não ter conhecimento que os números se distribuem desta forma, um indivíduo leigo não se preocupará com as frequências e nem a ordem em que os dígitos aparecerão.

Entretanto, um fato relevante sobre o método, ainda conforme Cunha, Bugarin e Portugal (2016), é que a Lei de Benford pode apresentar falsa conformidade de dados para orçamentos com uma quantidade muito inferior a 800 itens, assim sendo, os autores recomendam o limite para que o método seja aplicado a orçamentos com mínimo este valor. Além disso, muito embora o objetivo maior do uso da Lei de Benford como instrumento de auditorias de obras públicas seja investigar fraudes ou irregularidades em orçamentos de obras superfaturadas, sua metodologia também pode vir a ser útil na identificação dos serviços mais significativos desses orçamentos sem necessariamente considerar a sua relevância financeira, havendo a possibilidade de fazer o seu uso em conjunto com a Curva ABC.

Portanto, o presente trabalho pretende avaliar a viabilidade da Lei de Benford aplicada a orçamentos de obras públicas de diferentes proporções (inferiores a 800 itens) a fim de identificar quais os serviços mais significativos desses orçamentos, bem como medir o seu potencial para realização dessa atividade em comparação com a Curva ABC.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade da aplicação da Lei de Benford na averiguação de quatro orçamentos de obras públicas de diferentes proporções (inferiores ao valor mínimo indicado de 800 itens), a fim de identificar quais os itens (serviços) mais significativos dessas planilhas através da comparação entre as metodologias sugeridas pela Lei de Benford e pela Curva ABC, propondo a utilização ou não dessa ferramenta para realização dessa atividade.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar os serviços mais significativos das planilhas orçamentárias através da aplicação da Lei de Benford e da Curva ABC;
- Comparar os resultados obtidos através da Lei de Benford e pela Curva ABC;
- Apontar possíveis vantagens ou desvantagens da aplicação da Lei de Benford na identificação dos serviços mais significativos em orçamentos de obras;
- Identificar possível complementariedade entre os métodos;
- Verificar se a Lei de Benford se aplica as planilhas orçamentárias do presente estudo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Contratação e Execução de Obras Públicas

As obras públicas surgem da necessidade comum da população, sendo de responsabilidade da administração pública prestar garantias a sociedade de que essas necessidades sejam sanadas, obedecendo as diretrizes e princípios expostos no Art. 37º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 e regulamentados pela Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, Lei de Licitações e Contratos Administrativos, bem como a Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2020, Lei do Pregão, as quais constituem a legislação para licitações e contratos da Administração Pública (BRASIL, 2010).

Em abril de 2021 a Lei de Licitações e Contratos Administrativos sofreu alterações por parte do governo federal e passou a ser a Lei nº 14.133/2021, a qual unifica e revoga as leis anteriormente citadas. A nova lei promoveu a revogação imediata dos art. 89 ao 108º (parte criminal) da antiga lei, no entanto, a sua revogação por completo ocorrerá apenas no prazo de dois (2) anos após a publicação da nova lei, de acordo com o seu art. 193, o que significa que nesse período as normas antigas continuarão a produzir efeitos jurídicos. Por esse motivo, a lei utilizada como base para os estudos neste trabalho continua sendo a Lei nº 8.666/1993.

As obras públicas podem ser definidas de acordo com o Tribunal de Contas da União – TCU, como sendo toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação de bem público podendo ser realizadas de forma direta, quando a obra é feita pelo próprio órgão ou entidade da administração, por seus próprios meios, ou de forma indireta, quando a obra é contratada por terceiros por meio de licitação (BRASIL, 2014a).

Já quanto a licitação, ainda de acordo com o TCU, esta define-se como sendo:

“O procedimento administrativo formal em que a Administração Pública convoca, por meio de condições estabelecidas em ato próprio (edital ou convite), empresas interessadas na apresentação de propostas para o oferecimento de bens e serviços” (BRASIL, 2010).

Para Meirelles (2012), a licitação pode ser vista como o procedimento administrativo mediante o qual a Administração pública seleciona a proposta mais vantajosa para o contrato de seu interesse, de modo a atender o interesse público.

O TCU aponta que o objetivo da licitar é permitir que a Administração contrate o responsável que reúna as condições suficientes para satisfação do interesse público, levando em consideração aspectos relacionados à capacidade técnica e econômico-financeira. Além disso, o processo pretende garantir a observância do princípio da isonomia, selecionando a proposta mais vantajosa e assegurando que todos interessados no processo tenham igual oportunidade, de modo a participarem o maior número possível de concorrentes (BRASIL, 2010).

É importante observar que um planejamento adequado das etapas que constituem o processo de contratação é necessário para que se possa diminuir riscos e garantir maior qualidade na execução de uma obra. Nesta linha, o TCU (BRASIL, 2014a) atribui que para se atingir a conclusão de uma obra pública, é necessário que se cumpram etapas fundamentais que vão desde antes o início da licitação até posteriormente a fase de contratação, assim como demonstra a Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de procedimentos.



Fonte: Brasil, 2014a.

Altounian (2016) segue a mesma abordagem do TCU ao citar que o processo licitatório se divide em fase preliminar, fase interna e externa, fase contratual e por fim a fase posterior à contratação. O autor complementa que é na fase preliminar da contratação em que se desenvolvem os estudos que indicam a viabilidade do início da licitação e acrescenta que os estudos preliminares são fundamentais para evitar o desperdício de recursos em fases posteriores do empreendimento.

3.1.1. Orçamentação de obras públicas

No que diz respeito ao orçamento, segundo a Lei nº 8.666/1993, além do projeto básico e demais etapas já citadas, a orçamentação é uma etapa importante pois evidencia o custo da obra, portanto, torna-se uma exigência o orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados (BRASIL, 1993).

Conforme o TCU, o orçamento base de uma licitação tem como objetivo fixar os critérios de aceitabilidade de preços no edital, servindo como principal referência para a análise das propostas dos participantes na fase externa da licitação (BRASIL, 2014a).

Ainda de acordo com o TCU a respeito do orçamento detalhado e consonante a Lei nº 8.666/1993, tem-se a determinação de que:

“não é possível licitar obras e serviços sem que o respectivo orçamento detalhado, elaborado pela Administração, esteja expressando, com razoável precisão quanto aos valores de mercado, a composição de todos os seus custos unitários, nos termos do art. 7º, § 2º, inciso II, da Lei nº 8.666/1993, tendo-se presente que essa peça é fundamental para a contratação pelo preço justo e vantajoso, na forma exigida pelo art. 3º da citada lei (BRASIL, 2010).

Os orçamentos em uma licitação devem ser elaborados da forma mais cuidadosa possível, de forma que reflitam adequadamente os preços de mercado, para que a Administração tenha segurança de estar adquirindo produtos/serviços a preços justos (BRASIL, 2010).

Segundo Brasil (2014b), a elaboração de planilhas orçamentárias voltada a obras públicas é dividida em três etapas, sendo elas, respectivamente, o levantamento e quantificação dos serviços, a definição de custos unitários e por fim, a definição da taxa de BDI (Benefício de Despesas Indiretas). Diante a recomendações técnicas do Instituto Brasileiro de Auditorias de Obras Públicas - IBRAOP (2006), o orçamento deve ser realizado sobre composições de custo unitários e expresso em planilhas de custos e serviços, referenciadas pela sua data de elaboração.

Para a estimativa dos custos, ainda de acordo com o IBRAOP (2006), deve-se tomar como base os preços dos insumos praticados no mercado ou valores de referência, bem como, levantamentos quantitativos de materiais e serviços obtidos a partir da representação gráfica, memorial descritivo e especificações técnicas.

Recomenda-se também fazer uso dos valores presentes nas tabelas do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil).

Quanto a planilha de custos e serviços, esta deve resumir o orçamento e conter no mínimo a “discriminação de cada serviço, unidade de medida, quantidade, custo unitário e custo parcial; custo total orçado, representado pela soma dos custos parciais de cada serviço e/ou material” (IBRAOP, 2006, p.3).

No que se refere a composição do preço total, o valor do BDI utilizado deve especificado no orçamento. O BDI ou Benefício de Despesas Indiretas, segundo o TCU, corresponde à “uma taxa referente as despesas indiretas, impostos sobre preço de venda e à remuneração do construtor, aplicada sobre todos os custos diretos de um empreendimento para se obter o preço final de venda” (BRASIL, 2014b, p.18).

3.2. Controle e Fiscalização de Obras Públicas

Segundo a Lei nº 8.666/1993, em seu art. 67 é estabelecido que “a execução do contrato deverá ser acompanhada e fiscalizada por um representante da Administração especialmente designado, permitida a contratação de terceiros para assisti-lo e subsidiá-lo de informações pertinentes a essa atribuição” (BRASIL, 1993).

Neste sentido, O TCU traz em uma de suas publicações a seguinte definição em que descreve a fiscalização como sendo:

“uma atividade que deve ser realizada de modo sistemático pelo contratante e seus prepostos, com a finalidade de verificar o cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas em todos os seus aspectos”.

“Além disso, o contratante deve manter pessoal profissional qualificado do início dos serviços ao recebimento definitivo do objeto contratado, devendo esses ter experiência técnica adequada para cumprir com o acompanhamento e controle dos serviços relacionados com o tipo de obra que está sendo executada” (TCU, 2014).

Para Farias (2016) a função da fiscalização em uma obra pública consiste em verificar se as exigências contratuais estão sendo cumpridas, bem como atestar os serviços para efeito de medição e pagamento. O autor ainda complementa as definições trazidas acima pelo TCU ao afirmar que a fiscalização deve envolver acompanhamento qualitativo e quantitativo dos serviços, de modo sistemático e constante, tendo como referência o projeto e seus componentes, como o orçamento, cronograma e especificações técnicas (FARIAS, 2016).

De acordo com o TCE/PR (2015), a atividade de fiscalização deve ser exercida pelo gestor de contrato ou fiscal da obra. O gestor possui a atribuição de gerenciar o contrato do início ao fim, garantindo o cumprimento das disposições contratuais, do ponto de vista jurídicas e administrativas.

Ao fiscal da obra, compete acompanhar e fiscalizar a execução do objeto contrato desde o seu início até o recebimento, realizando visitas periódicas, anotando as ocorrências em registro próprio (livro de ocorrência ou diário de obra) e relatando os fatos à autoridade competente, além de determinar a regularização de faltas ou defeitos observados (TCE/PR, 2015).

Ainda segundo Farias (2016), recomenda-se também ao fiscal que além de sempre manter o diário de obras atualizado e registrar todas as ocorrências importantes, devem ser realizadas atividades como registros fotográficos da evolução dos trabalhos, a liberação de medições sempre em consonância com o cronograma físico financeiro, justificando sempre as medições por meio de memórias de cálculo, e por fim, permitir a execução dos serviços constantes ou modificações no projeto somente se devidamente formalizadas em termo aditivo (FARIAS, 2016).

Já ao que se refere a controle de obras, Queiroz (2001) afirma que se trata de uma ou um conjunto de atividades destinadas a garantir a qualidade e obtenção dos resultados planejados, de modo a não permitir desvios em comparação ao previsto.

Para o autor, o controle de obras tem como objetivos:

1. O acompanhamento diário da execução dos serviços visando produtividade e custos;
2. Apuração de prazos e custos reais, comparando-os com os previstos;
3. Tomada de decisões em caso de haver desvios de prazos e custos;
4. Realimentar o sistema com os novos dados obtidos de custo, prazo e produtividade (QUEIROZ, 2001, p.87).

Ainda segundo Queiroz (2001), o controle de obras deve ser realizado por meio de instrumentos como o controle de prazos e de custos. A forma mais adequada e objetiva de realizar o controle de prazos é por meio do cronograma físico (diagrama de barras), já o controle de custos tem como base o orçamento analítico, em que se encontram os custos unitários, custos de serviços, produtividades e custos globais.

No campo da administração pública, de acordo com Marinela (2010 p. 210) o controle é considerado como sendo “um conjunto de mecanismos jurídicos e administrativos para a fiscalização e revisão de toda atividade administrativa”.

Segundo a Constituição Federal de 1988, são dois os mecanismos de controles, o controle externo e o interno. Já para Coelho (2009), as obras públicas devem sofrer quatro tipos de controle diferentes, sendo o controle social, feito pela comunidade; o controle externo, pelo Poder Legislativo; o controle interno, pela equipe de fiscalização; e por fim, o controle feito pela empresa construtora.

Segundo Paula (2016) o controle interno é aquele exercido dentro de um setor responsável pela fiscalização dos atos dos gestores dentro da própria estrutura interna do órgão, de modo a ter uma atuação de orientação e inspeção mais próxima do administrador público.

Ainda segundo autor, o controle interno tem como finalidade tornar mais segura e tranquila a administração por meio do cuidado com as operações realizadas, bem como por ofertar informações corretas e atualizadas que possibilitam na melhor tomada de decisões, como ações prioritárias ou urgentes. Além disso, o controle interno atua como uma ferramenta de gestão pública na organização e controle dos gastos públicos seguindo os princípios da administração pública, como: legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência (PAULA, 2016).

Segundo Meirelles (2004), o controle externo é o que se realiza por um poder ou órgão constitucional independente funcionalmente sobre a atividade administrativa de outro poder estranho à administração responsável pelo ato controlado.

De acordo com a Constituição Federal, o controle externo legislativo é dividido em dois meios de fiscalização, sendo o controle parlamentar direto (de modo a fiscalizar e controlar os atos da administração pública), e o controle feito pelo tribunal de contas, responsável por ter o controle financeiro, contábil e orçamentário (BRASIL, Constituição Federal de 1988).

Ainda de acordo com o Art. 71 da CF/88, compete ao controle exercido pelo TCU fiscalizar e julgar os atos dos administradores, no que diz respeito a dinheiros, bens e valores públicos, através de inspeções e auditorias, de modo a verificar se a execução do que se pretende se encontra em conformidade com as leis ou regulamentos.

Conforme Perez Junior (2010), a auditoria pode ser definida como o estudo e a avaliação sistemática das transações, procedimentos, rotinas e demonstrações

financeiras de uma organização, com a finalidade de fornecer a seus usuários uma opinião imparcial e fundamentada em normas e princípios sobre sua adequação.

Nesta mesma linha de raciocínio, Busse e Manzoki (2014) compreendem a auditoria como sendo um exame cuidadoso, sistemático e independente das atividades de uma organização, cujo objetivo é conferir a conformidade e eficácia das atividades de acordo com o que foi definido, planejado ou estabelecido.

Para efetuar o processo de auditoria, é necessário que o auditor realize a seleção da amostra de auditoria, que segundo Costa (2016), tem o intuito de facilitar o trabalho realizado pelo auditor. O método matemático utilizado e recomendado pelo TCU para obtenção dessas amostras é o método da Curva ABC.

3.3. Curva ABC

A curva ABC é uma ferramenta importante de análise de orçamento que muito auxilia no processo de análise do orçamento sintético e planejamento de obra. Segundo Mattos (2019) a curva ABC é uma relação de insumos ou serviços, em ordem decrescente de custos, em que no topo estão os principais insumos ou serviços de uma obra em termos de custo; à medida que a tabulação desce, estão os insumos menos significativos.

O método da Curva ABC é a técnica de amostragem quantitativa que seleciona os itens de maior valor relativo, sendo um procedimento baseado no Princípio de Pareto, também conhecido como princípio dos “poucos significativos e muitos insignificantes”. (Cunha, 2013, p. 56).

Segundo Galindo (2012) a Lei de Pareto consiste na premissa que 80% das consequências advêm de 20% das causas. Assim, ao identificar os 20% dos riscos mais frequentes e graves, pode-se atuar com maior precisão sobre esses riscos, melhorando a eficiência e produtividade dos sistemas de análise de risco.

Para o TCU (BRASIL, 2012), a curva ABC é uma tabela obtida a partir de uma planilha de valores, na qual os itens são agrupados e ordenados de acordo com sua importância relativa de preço em relação ao valor total. A curva ABC permite identificar itens como, matérias-primas, material auxiliar, material em processamento e produtos acabados, que justificam atenção e tratamento adequados à sua administração (Mutti, 2013, p.89).

Considera-se que a elaboração de uma curva ABC para o orçamento-base de uma licitação tem o intuito de otimizar a verificação acerca da existência de sobrepreço

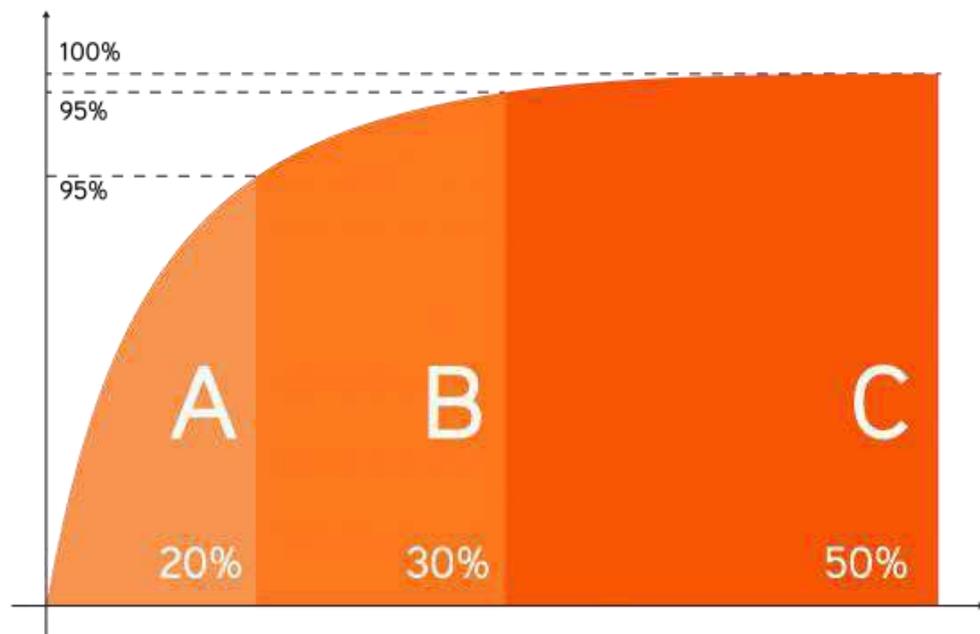
e a definição do ponto de equilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato (TCU, 2012, p. 35).

A identificação dos serviços mais impactantes no custo total prioriza o trabalho de checagem do orçamento, norteia um estudo mais minucioso das produtividades utilizadas nele e, não menos importante, serve de referência para a avaliação de desempenho das equipes de campo durante a execução da obra (MATTOS, 2019).

A curva ou tabela ABC se divide em três faixas, A, B e C. A faixa A corresponde aos serviços responsáveis por 50% do custo total da obra, a faixa B, que corresponde aos itens compreendidos entre 50% e 80% do percentual acumulado do custo total, e a faixa C que se refere aos serviços com custos entre 80% e 100%

Na realidade, a curva ABC é mais utilizada como uma tabela, organizada com as colunas de descrição dos insumos, unidade, quantidade, custo unitário, custo total do insumo e percentagens unitárias e acumuladas, no entanto, também pode ser visualizada graficamente, como mostra o exemplo trazido pela Figura 2. Já na Tabela 1 é apresentado um modelo de classificação da curva ABC.

Figura 2 - Representação gráfica generalista da Curva ABC.



Fonte: Google Imagens, 2021.

Tabela 1 - Classificação da curva ABC.

INSUMO	UN	QUANTIDADE TOTAL	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	%	%ACUMULADO	FAIXA
Pedreiro	h	290	7,2	2088	24,9	24,9	A
Azulejo	m ²	130	16,6	2158	25,7	50,6	A
Servente	h	350	4,2	1470	17,5	68,1	B
Argamassa	kg	704	0,9	633,6	7,6	75,7	B
Tijolo cerâmico	un	2500	0,25	625	7,5	83,2	B
Azulejista	h	57,6	6,9	397,44	4,7	87,9	C
Cimento	kg	1286	0,2	257,2	3,1	91,0	C
Areia	m ³	6,7	35	234,5	2,8	93,8	C
Cal	kg	870	0,25	217,51	2,6	96,3	C
Pintor	h	25	6,6	165	2,0	98,3	C
Massa corrida	kg	22	3	66	0,8	99,1	C
Tinta látex PVA	l	6,5	7	45,5	0,5	99,6	C
Selador	l	4,2	5	21	0,3	99,9	C
Lixa	un	18	0,5	9	0,1	100,0	C

Fonte: Autoria própria (2021).

No quesito de auditoria, o tamanho da amostra deve ser definido considerando prazo da fiscalização, valor do edital/contrato e riscos de existência de irregularidades, essa amostra deve representar pelo menos 80% do valor total do orçamento (TCU, 2012). Ainda conforme o TCU (2012) considera-se que as faixas A e B por refletirem os itens mais importantes da planilha, deve ser dado tratamento especial por parte da equipe de auditoria. A faixa C representa componentes de menor importância relativa, podendo receber atenção circunstancial.

Segundo Cunha (2013), apenas em algumas situações, os serviços selecionados na curva ABC consistem em poucos itens, sendo assim, somente em alguns casos o Tribunal consegue realizar o exame dos serviços que compõe 80% do valor total do orçamento. Logo, em contratos com grandes quantidades de itens (acima de mil), a amostra selecionada pode alcançar cerca de 100 itens, representando cerca de 50% do valor total apenas.

3.4. Lei de Benford

Em se tratando de métodos matemáticos para obtenção de amostras de auditoria, embora ainda não fortemente utilizado e sendo bastante diferente do que é a curva ABC, no entanto, com a proposta de poder facilitar os processos fiscais, a Lei de Benford ou lei do primeiro dígito, como é popularmente conhecida, é uma

ferramenta capaz de analisar a probabilidade de ocorrência dos dígitos em um conjunto qualquer de números. Por sua vez, seu surgimento ocorreu em 1881 a partir da observação do astrônomo-matemático canadense Simon Newcomb (1835 – 1909), e foi amplamente difundida após estudos do engenheiro elétrico e físico norte-americano Frank Benford (1887 – 1948) em 1938, que comprovou a ampla aplicabilidade do método (BENFORD, 1938; COSTA; TRAVASSOS; SANTOS, 2013).

Newcomb (1881) constatou que os algarismos ou dígitos não ocorriam com a mesma probabilidade ou frequência ($1/9$) após observar em um livro de logaritmos conhecida em sua época por “tábuas de logaritmos” que as suas primeiras páginas eram mais utilizadas que as últimas, sendo o número um o mais utilizado e essa frequência diminuída até o número nove (FORSTER, 2006).

Newcomb (1881) concluiu, portanto, que em uma sequência de números existem mais números que comecem pelo numeral um do que por numerais maiores. O autor ressaltou ainda que no caso do terceiro dígito, a probabilidade seria aproximadamente a mesma para cada dígito e que a partir do quarto dígito não valeria a pena observar a diferença de frequência dado a sua proximidade de valores. No entanto, de acordo com Durtschi et al. (2004), Newcomb não forneceu argumentos teóricos necessários para provar os fenômenos que descreveu e, portanto, seu trabalho não recebeu grande atenção.

Somente em 1938, segundo Santos et al. (2003), Benford chegou a mesma conclusão que Newcomb e comprovou que os primeiros dígitos eram realmente mais comuns de ocorrerem se comparados aos últimos, verificando o mesmo fenômeno em um banco de dados com mais de 20.000 observações de diferentes fontes.

De acordo com Nigrini (2012), os resultados de Benford mostraram que 30,6 por cento dos números tinha um primeiro dígito 1. Já o primeiro dígito 2 ocorreu 18,5 por cento das vezes. Isso levou a observar que 49,1 por cento dos números tinham um primeiro dígito que era 1 ou 2. Em contraste, apenas 4,7 por cento dos números tinham o primeiro dígito 9. Benford então percebeu que a proporção real para 1 estava próxima do logaritmo de 2 (ou $2/1$), e a proporção real para o dígito 2 foi próxima ao logaritmo de $3/2$, repetindo-se este padrão logarítmico até o dígito 9 com sua proporção sendo próxima ao logaritmo de $09/10$ (NIGRINI, 2012).

A partir desses dados foi validada a hipótese de que a frequência de ocorrência dos algarismos obedecia a uma função logarítmica de probabilidade (SANTOS ET AL., 2003). De acordo com Nigrini (2012), Benford calculou as frequências esperadas dos dígitos de um número e as listou conforme as seguintes expressões logarítmicas referentes aos Testes do Primeiro Dígito (Equação 1.1), Segundo Dígito (Equação 1.2) e para os Dois Primeiros Dígitos (Equação 1.3), em que D_1 corresponde ao primeiro dígito, D_2 ao segundo dígito e D_1D_2 aos dois primeiros dígitos do número.

$$\text{Prob}(D_1 = d_1) = \log \left(1 + \frac{1}{d_1} \right) \quad d_1 \in \{1, 2, \dots, 9\} \quad (1.1)$$

$$\text{Prob}(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \log \left(1 + \frac{1}{d_1 d_2} \right) \quad d_2 \in \{1, 2, \dots, 9\} \quad (1.2)$$

$$\text{Prob}(D_1D_2 = d_1d_2) = \log \left(1 + \frac{1}{d_1d_2} \right) \quad d_1d_2 \in \{10, 11, \dots, 99\} \quad (1.3)$$

A Tabela 2 demonstra a distribuição de probabilidade de ocorrência dos dígitos de 0 a 9 para cada uma das quatro primeiras casas de qualquer número.

Tabela 2 - Distribuição de probabilidade de ocorrência dos dígitos.

DÍGITO	POSIÇÃO DO DÍGITO NO NÚMERO			
	1º DÍGITO	2º DÍGITO	3º DÍGITO	4º DÍGITO
0		11,968%	10,178%	10,018%
1	30,103%	11,389%	10,138%	10,014%
2	17,609%	10,882%	10,097%	10,010%
3	12,494%	10,433%	10,057%	10,006%
4	9,691%	10,031%	10,018%	10,002%
5	7,918%	9,668%	9,979%	9,998%
6	6,695%	9,337%	9,940%	9,994%
7	5,799%	9,035%	9,902%	9,990%
8	5,115%	8,757%	9,864%	9,986%
9	4,576%	8,500%	9,827%	9,982%

Fonte: Adaptado de Nigrini (2012).

A partir dos estudos de Benford (1938), o método passou a ser conhecido popularmente por Lei de Benford e então amplamente utilizado em várias áreas de estudo. Segundo Costa (2012), na década de 1990 a utilização da Lei de Benford se

consolidou nas análises da área contábil, tendo como principais percussores Carslaw (1988) e Thomas (1989).

Carslaw (1998) analisou as frequências dos primeiros dígitos referentes as receitas e lucros de 220 empresas na Nova Zelândia, identificando a ocorrência de arredondamentos excessivos para cima, no caso de entradas de dinheiro, e para baixo no caso de saídas de caixa, através da maior incidência do dígito 0 comparado ao dígito 9. Já Thomas (1989), descobriu um padrão semelhante nos lucros de empresas norte-americanas.

Segundo Durtschi et al. (2004), os estudos no campo da auditoria contábil foram conduzidos inicialmente por Nigrini, o qual foi um dos primeiros pesquisadores a utilizar extensivamente a Lei de Benford para detecção de fraudes.

Mittermaier e Nigrini (1997) aprovaram o uso de uma técnica de análise de dígitos baseada na Lei de Benford que comparava a frequência real dos dígitos com a frequência prevista pela lei, valendo para números compostos por mais de um dígito. Esta técnica revelou-se uma importante ferramenta para a detecção de manipulações e fraudes nas demonstrações contábeis.

Santos, Tenório e Silva (2003) realizaram a aplicação da Lei de Benford no desenvolvimento de um modelo contabilométrico fundamentado no teste de hipóteses (Teste Z e Teste Qui-Quadrado) similar ao criado por Nigrini, com o intuito de detectar desvios de padrões nas notas fiscais emitidas por uma empresa do estado de Pernambuco no período de 1998 a 2001. Os resultados apontaram divergências do esperado, sugerindo uma melhor investigação dos fatores por parte de uma auditoria.

Santos, Diniz e Ribeiro Filho (2003) e Santos, Diniz e Corrar (2005) aplicaram a Lei de Benford e verificaram a partir da utilização de um modelo contabilométrico sobre uma amostra de aproximadamente 104 mil notas de empenho de 20 municípios do estado da Paraíba, a ponto de concluir que alguns desses municípios apresentavam superfaturamento e fracionamento das despesas como forma de evitar o limite estabelecido pela lei de licitação (Lei nº 8666,1993).

Nigrini (2005) ao utilizar a Lei de Benford identificou manipulações em demonstrações financeiras do período de 2001 a 2002 da empresa norte-americana Enron. O autor observou que houveram arredondamentos nos dados com a pretensão

de elevar os valores da receita da empresa. O fato deu origem ao processo de falência da Enron anos mais tarde.

Costa, Santos e Travassos (2011) utilizaram um modelo contabilométrico baseado na Lei de Benford e fundamentado em testes de hipóteses para detectarem desvios significativos na distribuição do primeiro e segundo dígitos dos gastos públicos de dois estados brasileiros ao analisarem mais de 134 mil notas de empenhos emitidas por 20 unidades gestoras desses dois estados. Os autores concluíram que realmente houveram desvios significativos e arredondamentos na determinação dos valores dos empenhos emitidos.

Nigrini (2012) utilizou a Lei de Benford e vários conceitos matemáticos, realizando aplicações diversas do método como na identificação de fraudes, evasão fiscal e esquemas de Ponzi, demonstrando uma vasta aplicabilidade da Lei de Benford e sua praticidade para detectar manipulações ou fraudes. A exemplo de outras pesquisas realizadas pelo autor no passado, esta também serviu como base para vários outros estudos como o realizado por Cunha e Bugarin (2015).

Cunha e Bugarin (2015) aplicaram os testes estatísticos estabelecidos pela metodologia proposta por Nigrini (2012) aos dados referentes a obra de reforma do estádio de futebol do Maracanã para a copa do Mundo FIFA 2014 e identificaram que os dígitos selecionados pela Lei de Benford corresponderam a 71,54% do total de superfaturamento descoberto anteriormente pelo exame de auditoria do TCU. Os autores voltaram a aplicar os testes desta vez para a obra da Arena da Amazonia e também obtiveram resultados positivos.

Como presentes em toda metodologia, e não diferente para a Lei de Benford, alguns aspectos particulares do método devem ser levados em consideração. De acordo com Hill (1995), um banco de dados terá maior chance de representar uma distribuição de Benford uma vez que estes tenham sido coletados de diferentes distribuições. No entanto, segundo Cunha (2013) os dados para a distribuição dos primeiros dígitos devem ser obtidos naturalmente, ou seja, sem manipulações.

Entre outras limitações do método, Cunha (2013) determina que a amostra a ser analisada não pode ser pequena. Números atribuídos ou fabricados em experimentos também não se conformam com a Lei de Benford (Nigrini, 2000). Para Rocha (2005), dados com dígitos gerados aleatoriamente a exemplo de números da

loteria também não funcionam, não podendo estes ser considerados como uma contagem de números naturais, e sim, número aleatórios.

Uma vez os dados estando em condições aplicáveis para execução da Lei de Benford, caso as frequências dos valores dos primeiros dígitos não se apresentem em consonância com as frequências estipuladas pela Lei, há forte possibilidade da existência de fraude ou erro nesses dados (CUNHA, 2013).

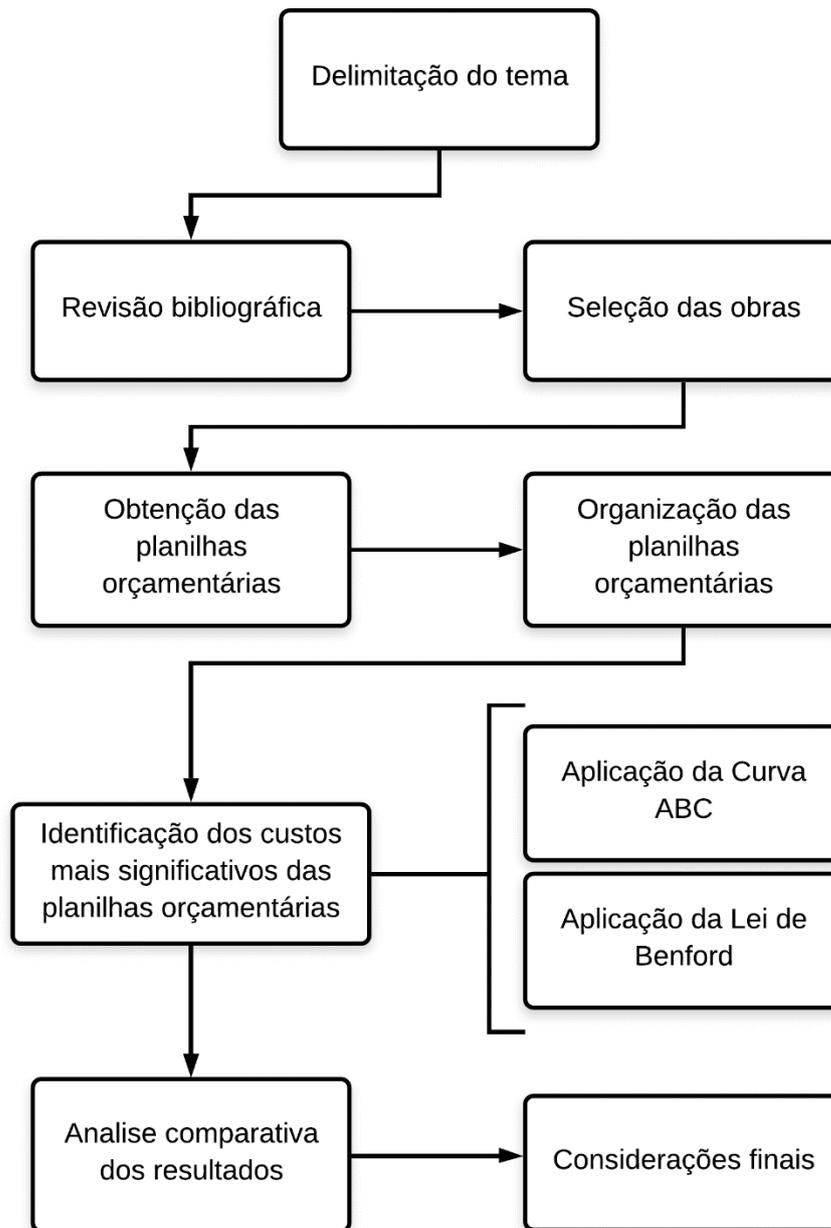
No entanto, a eficiência do teste não é sempre totalmente garantida. Durtschi et al. (2004) advertem que uma situação de não conformidade com a probabilidade esperada pode ser decorrência de ineficiência operacional ou falhas nos sistemas, e não necessariamente está associada a ocorrência de uma fraude.

Nesta linha, Cunha (2013) afirma que desvios em relação à distribuição de Benford não constituem prova conclusiva de manipulação, assim como uma conformidade não assegura fidedignidade dos dados. Ainda para a autora, uma não conformidade pode significar uma indicação de que os dados precisam de um exame mais minucioso e complementa que a Lei de Benford pode ser usada em conjunto com outros mecanismos de controle como uma alternativa para checar possíveis manipulações nos dados (CUNHA, 2013).

4. METODOLOGIA

Este capítulo descreve toda a metodologia e as diretrizes adotadas para a completa realização do trabalho. Para o devido desenvolvimento das atividades propostas no trabalho, fez-se necessário seguir uma sequência lógica de execução. Desta forma, para sua melhor compreensão, segue abaixo um roteiro dessas etapas ilustrado na Figura 2.

Figura 3 - Fluxograma geral do trabalho.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.1. Delimitação do tema

A curva ABC é um método matemático muito utilizado nas áreas fiscais e da contabilidade, sobretudo no cenário orçamentário da construção civil, sendo responsável por identificar os insumos ou serviços mais significativos das obras. Neste sentido, a pesquisa em questão trata a respeito de uma análise de viabilidade da aplicação da Lei de Benford em diversos orçamentos de obras públicas como alternativa ao uso da curva ABC para essa atividade, sendo este um método probabilístico para visualização de amostras numéricas uniformemente regulares, onde uma vez que os resultados apresentarem grande inconformidade, indicam fortemente irregularidades nos dados. Recentemente o método foi utilizado em auditorias de obras públicas no Brasil afim de identificar fraudes orçamentárias.

Para a efetivação do trabalho, realizou-se inicialmente uma revisão bibliográfica referente a orçamentação de obras públicas, bem como do processo de licitações e certames, acerca dos métodos, definições e conceitos utilizados. Também foram realizados estudos acerca das metodologias da Curva ABC e da Lei de Benford no que se refere a suas definições e aplicações. A instrumentação base para realização das pesquisas foram teses, artigos, dissertações, revistas e livros referentes ao tema estudado.

4.2. Seleção das obras

4.2.1. Critérios para seleção das obras

Segundo Cunha, Bugarin e Portugal (2016), é indicado o uso da Lei de Benford em planilhas orçamentárias com, no mínimo, 800 itens, uma vez que segundo a autora, um orçamento com poucos itens pode apresentar uma falsa desconformidade com a lei. Desta forma, o trabalho teve como critério inicial analisar a viabilidade da aplicação da Lei de Benford em vários orçamentos onde os quais tivessem diferentes proporções, utilizando orçamentos com um número de dados inferior e também superior ao número mínimo de itens recomendados pela literatura (800 itens).

No entanto, diante a grande dificuldade para se encontrar orçamentos com um banco de dados superior a 800 itens, foi procurado selecionar 4 diferentes obras, onde essas formassem pares com uma quantidade de itens semelhante, contendo um desses pares uma quantidade menor e o outro uma quantidade maior, afim de verificar

se o método poderia emitir resultados satisfatórios para orçamentos ainda embora abaixo do limite mínimo de itens recomendado pelos autores, além de também validar, ou não, a confiabilidade ou linearidade da aplicação do método para a proporção dos orçamentos aqui estudados.

4.2.2. Obras selecionadas

Definidos os critérios, buscou-se junto a órgãos públicos e privados à exemplo da UFCG, UFRN, a Prefeitura Municipal de Pombal, bem como, uma empresa a qual não pode ser identificada, possíveis projetos cujo os quais possuíssem orçamentos que se atendessem aos critérios estabelecidos. Dessa forma, foram selecionadas as obras da construção da Usina Piloto de Engenharia de Alimentos do CCTA – Campus Pombal, o conjunto de obras de Infraestrutura realizadas no Campus Central da UFRN – Natal, a construção de uma Escola de 12 salas de aula + quadra coberta padrão FNDE no município de Gravatá e a construção da Escola Sustentável do Município de Pombal-PB.

Cabe ressaltar que todos os orçamentos obtidos foram do tipo contratado e que todos os documentos utilizados no presente estudo receberam devida autorização para seu uso segundo as instituições as quais os disponibilizaram. Os valores referentes aos custos não incluíram a taxa de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), exceto para a obra da Escola de 12 salas padrão FNDE.

4.2.2.1. Usina Piloto – UFCG (Campus Pombal)

A obra corresponde a construção de um prédio com área de aproximadamente 1.000m², contendo cerca de proteção e acesso pavimentado para o seu devido funcionamento. A edificação dispõe de um laboratório de processamento de carnes, frutas, hortaliças, leite e derivados, bem como, de panificação.

Os documentos referentes a todo o projeto no que se refere desde as plantas baixas até as planilhas orçamentárias foram disponibilizadas através do setor de divisão de contratos da UFCG - Campus Pombal. As planilhas possuem como conteúdo todos os insumos e serviços envolvidos na obra, bem como também o cronograma físico financeiro que promove a subdivisão dos serviços, devidamente descritos. A obra foi orçada em um valor total de R\$ 2.641.204,67, sem BDI incluso e

ainda se encontra em andamento no decorrer do desenvolvimento deste trabalho. A Figura 4 traz um detalhe em perspectiva da obra.

Figura 4 - Perspectiva arquitetônica da Usina Piloto.



Fonte: Projetos da Usina Piloto – UFCG, 2020.

4.2.2.2. Conjunto de Obras de Infraestrutura - UFRN (Campus - Natal)

Este conjunto de obras correspondem a várias obras de infraestrutura, no segmento de sistemas de água, drenagem, hidrante e reuso do esgoto tratado, realizadas no Campus Central de Natal – UFRN. As planilhas orçamentárias foram disponibilizadas através da Superintendência de Infraestrutura da UFRN, e a exemplo das disponibilizadas pela UFCG também possuíam todos os insumos e serviços envolvidos na obra, bem como o cronograma físico-financeiro que promove a subdivisão dos serviços, devidamente descritos.

Como se pode notar, este orçamento possui uma particularidade com relação aos demais selecionados, uma vez que não trata de apenas uma única obra ou edificação, mas sim, de um conjunto de diferentes obras de infraestrutura realizado no Campus Central. Ademais, o orçamento contratado para as obras de Infraestrutura da UFRN resultou em um valor total de R\$ 7.541.600,75 (sem inclusão de BDI) e as mesmas já se encontram concluídas no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

4.2.2.3. Escola de 12 salas de aula padrão FNDE (Gravatá-PE)

A obra refere-se à construção de uma escola de um único pavimento com 12 salas de aula e uma quadra coberta. O espaço educativo possui capacidade para até 780 alunos em dois turnos e 390 alunos em período integral. O conjunto da edificação é composto por oito blocos distintos, sendo eles o bloco administrativo, pedagógico (biblioteca, auditório), pedagógico (informática, laboratório, grêmio), pedagógico (salas de aula e sanitários), pedagógico (salas de aula e vestiários), serviço (cozinha, pátio coberto) e pôr fim, a quadra coberta.

A edificação está localizada no Bairro Prado, no município de Gravatá-PE e foi orçada em um valor total de R\$ 4.022.804,21, valor incluso BDI. Os documentos foram obtidos através de uma empresa participante do certame, a qual disponibilizou todas as planilhas discriminando a quantidade total de serviços e insumos, preços unitários e o orçamento total para a obra. A mesma já se encontra concluída no momento de realização deste trabalho e abaixo na Figura 5 segue uma demonstração da fachada da obra após concluída.

Figura 5 - Fachada da escola de 12 salas padrão FNDE.



Fonte: FNDE.

4.2.2.4. Escola Sustentável (Pombal-PB)

A obra consiste na construção de uma unidade de ensino sustentável (Figura 6)² com uma área total de 2.740m², sendo está dividida em bloco administrativo, bloco de serviços, bloco de vivência e bloco pedagógico, além de guarita e bicicletário. O

² Perspectiva da escola sustentável. Disponível em: <<https://www.pombal.pb.gov.br/pombal-tera-a-primeira-escola-padrao-fnde-sustentavel-do-sertao/>>. acesso em 10/janeiro/2021.

endereço destinado a implantação do espaço educacional é na Rua José Maria Martins de Sousa, s/n, Bairro Jardim Rogério, em terreno antes utilizado pelo DNIT. A obra está orçada no valor de R\$ 1.806.562,35, sem BDI e no decorrer da realização deste trabalho ainda se encontra em fase de construção.

Figura 6 - Perspectiva da Escola Sustentável.



Fonte: Prefeitura de Pombal.

A proposta, segundo a Prefeitura do município, é oferecer um empreendimento capaz de influenciar a comunidade local através de um ambiente para boas práticas educacionais e ambientais. Deste modo, a unidade de ensino contará com tecnologias como telhado para capacitação da água das chuvas e cisterna, reaproveitamento de água, redução do consumo, telhado verde, conforto acústico, eficiência energética, gestão de resíduos, acessibilidade e mobilidade sustentável.

Os documentos referentes ao orçamento da obra foram disponibilizados pela Secretária de Infraestrutura Municipal, contendo todos os dados referentes as quantidades e preços dos insumos e serviços, bem como o cronograma físico-financeiro da obra.

4.3. Organização das planilhas orçamentárias

Para tornar possível a aplicação da Curva ABC se fez necessário realizar ajustes nas planilhas excluindo informações desnecessárias, a exemplo de títulos das etapas da obra ou serviços, organizando os itens todos em sequência. Além disso,

outro requisito para a aplicação do método é que antes da análise os itens semelhantes no orçamento devem ser todos agrupados.

Por outro lado, deve-se destacar que não houve necessidade de ajustes nas planilhas para aplicação da Lei de Benford, uma vez que o método pode ser aplicado diretamente ao orçamento como ele é apresentado originalmente. Também vale acrescentar de que todos os tratamentos realizados nas planilhas foram feitos através do software Excel.

4.4. Identificação dos custos mais significativos das planilhas orçamentárias

Este tópico descreve a etapa de identificação dos custos mais significativos das planilhas orçamentárias e como ocorreu de fato todo o processo de aplicação da Curva ABC e da Lei de Benford. A análise realizada pela presente pesquisa leva em consideração principalmente a relevância financeira dos itens pois como já citado anteriormente, os orçamentos obtidos foram do tipo contratado, logo, não houve a possibilidade de se realizar uma análise acerca da existência de fraudes ou alterações nos dados dos orçamentos.

Além disso, observar a relevância financeira é a forma como a Curva ABC determina os dados mais significativos das planilhas, enquanto a Lei de Benford também irá relatar quais os serviços mais significativos, no entanto, têm como base a frequência de apresentação dos dígitos. Portanto, a relevância financeira dos itens servirá como fonte para comparação dos resultados obtidos.

Assim, segue a descrição detalhada de como se desenvolveu cada um dos métodos utilizados.

4.4.1. Curva ABC

Uma vez realizada a organização inicial das planilhas, foi dado prosseguimento com o desenvolvimento da curva ABC referente a análise dos serviços, elaborando uma tabela contendo todos os serviços da planilha orçamentária e classificando-os em ordem decrescente de acordo com os custos totais de cada serviço. Em seguida foram calculados os percentuais de custos individuais e acumulados de cada um dos itens levando em consideração o custo total do orçamento.

Por fim, os itens foram agrupados e ordenados em três faixas percentuais de acordo com sua significância relativa ao custo total, onde a faixa A correspondeu aos

elementos referentes até 50% do custo total, a faixa B correspondente aos itens entre 50 e 80% do custo total, enquanto o restante se enquadrava à faixa C.

4.4.2. Lei de Benford

Como já citado acima no item 4.3 do presente trabalho, diferentemente da Curva ABC, não houve necessidade de se realizar ajustes iniciais nas planilhas para aplicação da Lei de Benford, deste modo, foi seguido diretamente para a aplicação do método em si, o qual é dividido por etapas.

Vale ressaltar que a metodologia adotada no presente trabalho utiliza uma adaptação do algoritmo criado por Cunha, Bugarin e Portugal (2016) o qual é utilizado também pelo IBRAOP (Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas). Na Figura 7 segue um esquema que demonstra as etapas de aplicação do algoritmo.

Figura 7 - Etapas de aplicação do algoritmo.



Fonte: Adaptação do IBRAOP (2016).

4.4.2.1. Definição dos parâmetros iniciais

A primeira etapa inicia com a definição dos parâmetros iniciais, os quais estão descritos a seguir:

- Valor total do orçamento (T);
- A variável a ser analisada (custo/preço total);
- Percentual do orçamento a ser examinado = 80%;
- Nível de significância adotado no teste dos Dois Primeiros Dígitos = 5%;
- Limite mínimo para o resultado do Teste da Soma = 0,011;
- Ajustes que podem ser realizados no limite mínimo para o Teste da Soma = +/- 25% (1º ajuste; 0,01375/0,00825); +/- 50% (2º ajuste; 0,0165/0,0055) e +/- 75% (3º ajuste; 0,01975/0,00275).

4.4.2.2. Teste do Primeiro Dígito

Nesse teste foi verificado quantas vezes cada número de 1 a 9 apareceu como primeiro dígito dos valores referentes aos itens analisados das planilhas orçamentárias, podendo os dados serem referentes aos preços ou custos unitários e preços ou custos totais dos serviços. No presente trabalho esses dados foram referentes aos preços totais dos serviços das planilhas fontes do estudo.

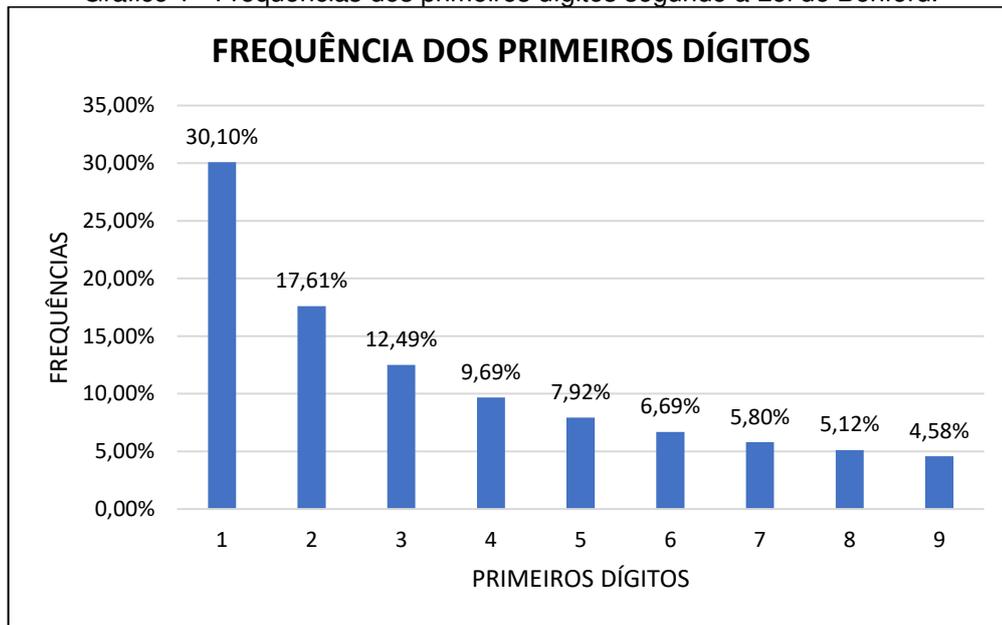
Inicialmente foi realizado a identificação dos primeiros dígitos referentes aos preços totais das planilhas, e logo após foi feita a contagem da quantidade exata de vezes em que cada um dos nove possíveis primeiros dígitos apareceram. Em seguida, foi calculada a frequência relativa de cada dígito, dividindo os valores referentes a contagem de dígitos pela quantidade total de itens da planilha. A quantidade total de itens foi encontrada a partir da soma dos resultados obtidos na contagem dos dígitos.

Uma vez feita a operação para o cálculo das frequências relativas, foi dado prosseguimento com a comparação dos resultados com as frequências estabelecidas pela Lei de Benford (Gráfico 1), identificando as possíveis diferenças entre os valores. A fórmula para realização do cálculo das frequências de acordo com a Lei de Benford é a seguinte:

$$\text{Prob}(D_1 = d_1) = \log \left(1 + \frac{1}{d_1} \right) \quad (1.1)$$

Em que, D_1 = Primeiro dígito e $d_1 \in \{1, 2, \dots, 9\}$.

Gráfico 1 - Frequências dos primeiros dígitos segundo a Lei de Benford.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.4.2.3. Teste dos Dois Primeiros Dígitos

Esse teste consistiu em identificar quais foram os dois primeiros dígitos, variando de 10 a 99, sendo estes referentes aos preços totais de cada item das planilhas orçamentárias estudadas. Seguindo as diretrizes estabelecidas por Nigrini (2012), os dados com valores inferiores a 10 foram desconsiderados uma vez que não existe a possibilidade de o teste analisar um número que não contenham no mínimo dois dígitos.

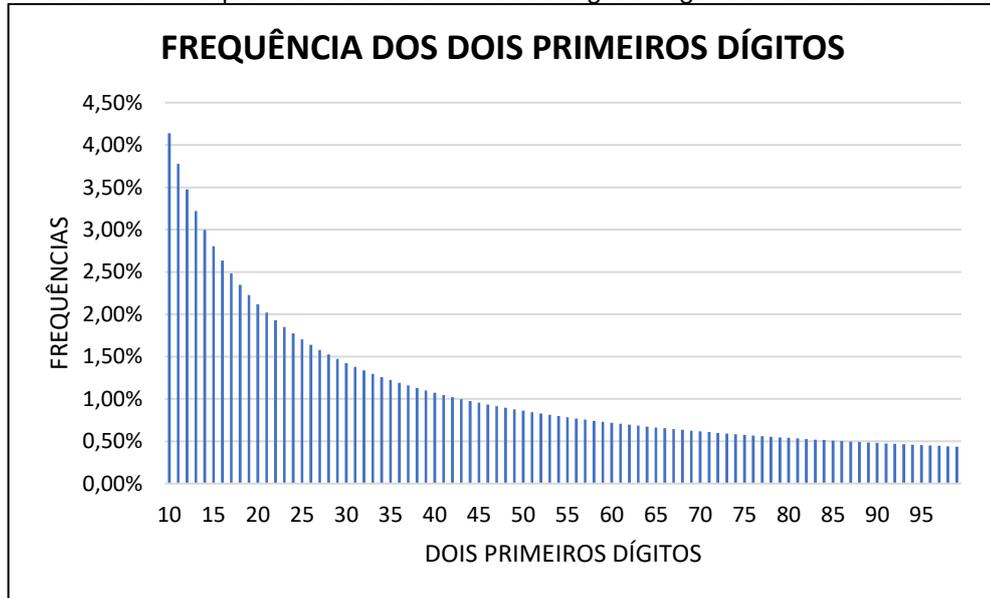
A exemplo do Teste do Primeiro Dígito, foi realizada a identificação dos dígitos e em seguida foram feitas as contagens referentes a quantidade exata de vezes em que cada um dos possíveis dois primeiros dígitos apareceram. Logo após, foram calculadas as frequências relativas de cada um dos dois primeiros dígitos, dividindo os valores referentes a contagem de dígitos pela quantidade total de itens da planilha.

Encontradas as frequências relativas, foi feita a comparação dos resultados com as frequências estabelecidas pela Lei de Benford (Gráfico 2), identificando as possíveis diferenças entre os valores. A equação para realização do cálculo das frequências dos dois primeiros dígitos de acordo com a Lei de Benford é a seguinte:

$$\text{Prob}(D_1D_2 = d_1d_2) = \log \left(1 + \frac{1}{d_1d_2} \right) \quad (1.3)$$

Em que, $D_1 D_2 =$ Dois primeiros dígitos e $d_1 d_2 \in \{10, 11, \dots, 99\}$.

Gráfico 2 - Frequências dos Dois Primeiros Dígitos segundo a Lei de Benford.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.4.2.4. Testes estatísticos

Após identificadas as diferenças entre os valores das frequências reais e da distribuição de Benford, foram aplicados os testes estatísticos, os quais são o Teste Z, Qui-Quadrado e Média dos Desvios Absolutos. Esses testes são realizados para mensurar se as diferenças encontradas são significativas a ponto de indicarem uma desconformidade com a Lei de Benford e são aplicados tanto para o Teste do Primeiro Dígito quanto para o Teste dos Dois Primeiro Dígitos.

Iniciando pelo Teste Z, este consistiu em apresentar se a proporção real de um dígito específico vinha a desviar da proporção esperada para a Lei de Benford de forma significativa. Para a realização do cálculo da variável do teste foi utilizada a seguinte equação a qual considera a diferença entre a proporção real e a esperada, bem como o tamanho do bando de dados.

$$Z = \frac{|PR-PE| - (1/2n)}{\sqrt{\frac{PE(1-PE)}{n}}} \quad (1.4)$$

Em que “PE” corresponde a proporção esperada, “PR” é a proporção real e “n” é a quantidade de dados. O termo $(1/2n)$ corresponde a um fator de correção que é utilizado somente quando o mesmo é inferior ao primeiro termo do numerador, dessa forma, possui pouco impacto no cálculo.

Assim como indicado por Nigrini (2012), o nível de significância utilizado para o teste foi de 0,05, cujo limite é igual a 1,96. Resultados acima deste valor indicam uma desconformidade com a Lei de Benford e por este motivo, os resultados que apresentaram tal característica no teste foram destacados como críticos. Vale ressaltar que podem ser adotados outros níveis de significância, sendo os mais usuais os apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Níveis usuais de significância adotados para o Teste Z.

SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA	LIMITES DO TESTE Z
0,01	2,57
0,05	1,96
0,10	1,64

Fonte: Adaptação de Cunha, Bugarin e Portugal (2016).

Em seguida foi aplicado o Teste do Qui-Quadrado (QQ), o qual consistiu em realizar a comparação dos resultados reais obtidos com um conjunto de resultados esperados afim de verificar se os dígitos das planilhas estudadas estariam em conformidade com a Lei de Benford. O teste utilizou a seguinte equação:

$$QQ = \sum_{i=1}^K \frac{(CR-CE)^2}{CE} \quad (1.5)$$

Onde, “CR” representa a contagem real e “CE” a contagem esperada dos termos.

Cada dígito tem um valor qui-quadrado e a soma de todos eles levaram ao resultado do teste. Esse resultado foi comparado ao valor crítico de 112,022, referente ao nível de significância de 0,05 e aos 89 graus de liberdade para o teste. Uma vez o valor calculado tendo excedido o valor crítico, há a indicação de que a distribuição estudada não possui conformidade com a Lei de Benford e que, portanto, deve ser

rejeitada. Na Tabela 4 segue os valores críticos de acordo com cada nível de significância para o teste.

Tabela 4 - Limites adotados para o Teste QQ aplicados aos Teste do Primeiro Dígito e dos Dois Primeiros Dígitos.

SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA	LIMITES TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO	LIMITES - TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS
0,01	20,09	122,942
0,05	15,507	112,022
0,10	13,362	106,469

Fonte: Adaptação de Cunha, Bugarin e Portugal (2016).

Por fim, foi realizado o teste da Média dos Desvios Absolutos (MDA), sendo este o teste mais indicador por Nigrini (2012) para extensos bancos de dados, pelo fato de que a variável referente a quantidade de dados ou itens das planilhas não é incluída na fórmula para realização do cálculo e deste modo, torna-se irrelevante. A fórmula segue apresenta abaixo:

$$MDA = \frac{\sum_{i=1}^K |PR - PE|}{K} \quad (1.6)$$

Onde, K corresponde a série de dígitos analisadas, PR e PE se referem as proporções reais e esperadas, respectivamente.

Os cálculos do MDA resultarão em dados de valor positivo independentemente da diferença entre os valores para PR e PE em virtude do modulo na equação. Após o cálculo, todos os desvios resultantes são somados e depois divididos pelo número de realizações possíveis (9 para o Teste do Primeiro Dígito e 90 para o dos Dois Primeiros Dígitos).

Para realizar a análise do teste e chegar a uma conclusão sobre a conformidade com a Lei de Benford, foi utilizado o banco de dados criado por Drake e Nigrini (2000) para a identificação de valores críticos assim como pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores críticos e conclusões para vários resultados de MDA.

DÍGITOS	INTERVALO	CONCLUSÃO
Primeiros Dígitos	0.000 a 0.006	Conformidade aproximada
	0.006 a 0.012	Conformidade aceitável
	0.012 a 0.015	Conformidade marginal aceitável
	Acima de 0.015	Desconformidade
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	Desconformidade

Fonte: Adaptação de Nigrini (2012).

4.4.2.5. Teste da Soma

O teste da soma foi aplicado para identificar os serviços de maior relevância dos orçamentos por meio da análise de importância dos grupos de dois primeiros dígitos dos orçamentos.

Desta forma, a aplicação do teste partiu da inserção de filtros nas planilhas orçamentárias através do software Excel para que fosse facilitado o processo de seleção de cada um dos dois primeiros dígitos. Realizando essa seleção individualizada, foram somados os valores referentes a cada variável (dígitos) para se determinar a soma dos preços totais para cada um dos dois primeiros dígitos. Ao fim desse processo, foi dado prosseguimento com a soma dos valores referentes a todos os dois primeiros dígitos (de 10 a 99) para que fosse possível encontrar a soma total da amostra.

Após encontrado o valor referente a soma total, se deu continuidade com o cálculo das proporções para cada dígito, dividindo os valores referentes as somas individuais pelo valor da soma total. De acordo com os parâmetros estabelecidos pela Lei de Benford, os valores apurados pelo cálculo das proporções devem ser próximos de 0,011 (1/90). Todas as categorias de dígitos cuja diferença entre as proporções calculadas e a proporção esperada foram superiores a 0,011 são consideradas críticas e, portanto, foram selecionadas.

4.4.2.6. Confronto entre os Testes dos Dois Primeiros Dígitos e da Soma

Uma vez tendo sido definidas as categorias de dígitos consideradas críticas através do Teste dos Dois Primeiros Dígitos e do Teste da Soma, foi realizado o

confronto entre esses dois testes para que se pudesse confirmar a criticidade das categorias selecionadas, comparando o número de vezes em que eles se repetiram na planilha (frequência) advinda do Teste dos Dois Primeiros Dígitos com a relevância financeira (proporção) obtida pelo Teste da Soma.

Para atingir a confirmação da criticidade dos itens selecionados, se fez necessário seguir a metodologia adotada por Cunha (2016) que indica que uma categoria de dígitos que tenha sido classificada como crítica em ambos os testes possui o maior grau de criticidade e que, portanto, deve ter análise prioritária. A autora também diz que todos os dígitos detectados como críticos pelo Teste da Soma devem ser automaticamente considerados como críticos, em função da sua relevância financeira. Vale destacar que algumas categorias de dígitos podem ser excluídas devido possuírem uma baixa relevância financeira, sendo caracterizadas assim como não críticas.

4.4.2.7. Valor da amostra selecionada

Nesta etapa foram calculados os valores totais das amostras selecionadas a partir da confirmação do nível de criticidade realizado pelo confronto entre os Testes dos Dois Primeiros Dígitos e da Soma.

4.4.2.8. Comparação da amostra com o valor total do orçamento

A partir dos cálculos dos valores totais das amostras selecionadas, foi verificado se estas representavam em termos percentuais valores aproximadamente de 80%, sendo aceitáveis valores com 5% para mais ou para menos. Uma vez os valores estando dentro deste intervalo aceitável, a amostra final foi encontrada e então a metodologia poderia seguir para seu processo de análise final. Caso o percentual tenha ficado abaixo ou acima desse limite, seriam necessários a redução ou aumento, respectivamente, do limite para o Teste da Soma em 25%, 50% e até 75%. Ainda que feitas todas essas manipulações e amostra tenha continuado muito inferior aos 80% estabelecidos, é recomendado aumentar o nível de significância para 10% no Teste dos Dois Primeiro Dígitos e identificar novamente as categorias críticas.

Estando em posse da amostra final, é dada continuidade com a análise dos resultados comparando-os com os obtidos pela aplicação da Curva ABC, para que desta forma fosse possível obter conclusões acerca da aceitação da Lei de Benford a

orçamentos de diferentes proporções, bem como, de possíveis vantagens e desvantagens de cada metodologia quanto a sua aplicação para o fim de identificar os itens mais significativos de uma planilha orçamentária.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados de forma aprofundada os resultados obtidos a partir da aplicação das metodologias adotadas pela Lei de Benford e pela Curva ABC para cada orçamento objeto do estudo. Os resultados apresentados a seguir foram agrupados para possibilitar uma melhor comparação entre as 4 obras selecionadas.

5.1. Elaboração das Curvas ABC

As curvas ABC tiveram um comportamento diferente levando a consideração o porte de cada obra. Na Tabela 6 é possível verificar que as obras da Usina Piloto e da Escola Padrão FNDE, cuja as quais em seu orçamento contratado possuem basicamente a mesma quantidade de itens, apresentaram uma proporção percentual de seus itens com valores próximos, bem como para a proporção percentual referente ao custo.

O mesmo não foi observado para as obras de Infraestrutura da UFRN e da Escola Sustentável, onde embora ambas as obras também possuíssem orçamentos contratados com uma quantidade de itens semelhantes, não apresentaram resultados próximos. Esse resultado pode ser atribuído ao agrupamento dos itens idênticos, ação necessária para a aplicação da Curva ABC.

Tabela 6 - Resultados das curvas ABC das obras analisadas.

CURVAS ABC						
Obras	Classificação	Faixa de Corte	Proporção de itens (%)	Proporção de Valor (%)	Quantidade de Itens	Total de Itens (N)
Usina Piloto	A	50%	4,10%	49,06%	15	366
	B	80%	12,84%	30,70%	47	
	C	100%	83,06%	20,24%	304	
Escola 12 salas FNDE	A	50%	5,54%	49,69%	18	325
	B	80%	12,31%	30,23%	40	
	C	100%	82,15%	20,08%	267	
Infraestrutura UFRN	A	50%	8,33%	49,91%	36	433
	B	80%	20,14%	30,00%	87	
	C	100%	71,53%	20,09%	310	
Escola Sustentável Pombal	A	50%	6,36%	48,85%	22	346
	B	80%	12,43%	30,99%	43	
	C	100%	81,21%	20,16%	281	

Fonte: Autoria própria, 2021.

5.2. Testes de conformidade da Lei de Benford

Os resultados apresentados a seguir neste tópico correspondem a demonstração da aplicação da metodologia da Lei de Benford para os testes do Primeiro e dos Dois Primeiros dígitos, respectivamente. Bem como, demonstram como se deu o desenvolvimento do Teste da Soma e do seu confronto com o Teste dos Dois Primeiros Dígitos, para no fim realizar a formação da amostra final para auditoria.

Para melhor entendimento dos resultados, estes serão apresentados separadamente por tópicos referentes a cada obra.

5.2.1. Obra da Usina Piloto

Como se pode observar na Tabela 7, o Teste do Primeiro Dígito para a obra da Usina Piloto apresentou resultados dentro dos limites para os testes estatísticos (Teste Z, QQ e MDA), ultrapassando apenas por muito pouco o valor desejado no Teste MDA, com o valor obtido de 0,018, estando acima de 0,015, levando o resultado a faixa de não conformidade dos valores de referência.

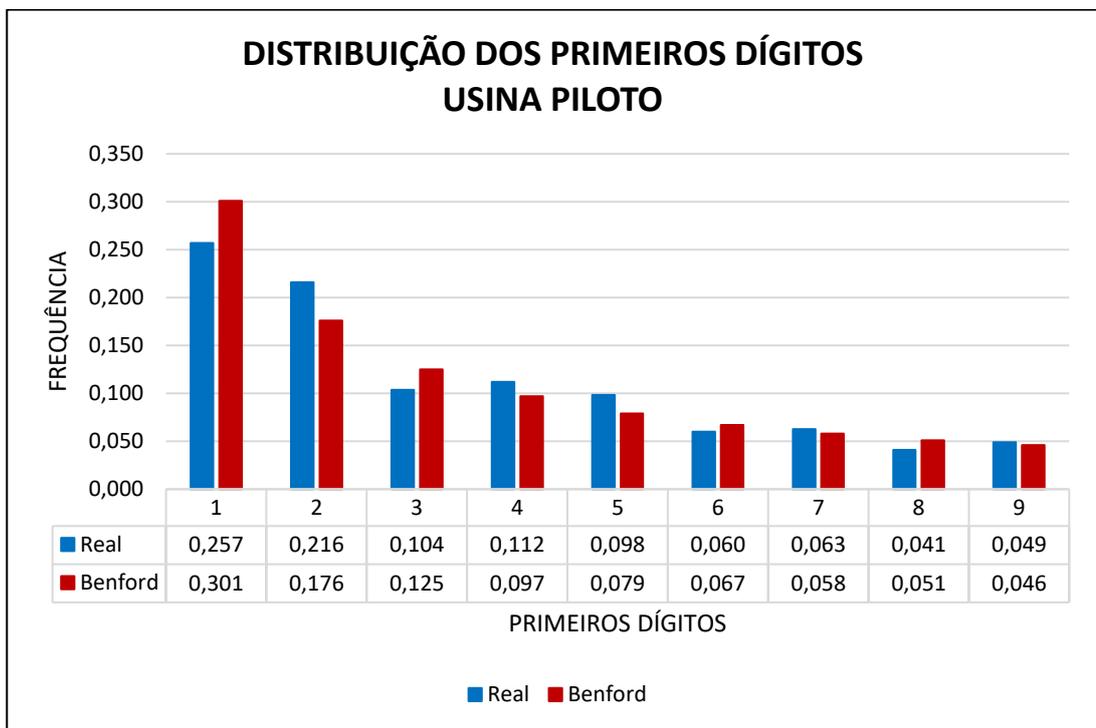
Tabela 7 - Resultados dos testes estatísticos para os primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.

TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO							
Dígito	Cont.	Frequência Real	Benford	Diferença	Teste-Z	QQ	MDA
1	94	0,257	0,301	-0,044	1,785	2,372	0,044
2	79	0,216	0,176	0,040	1,933	3,302	0,040
3	38	0,104	0,125	-0,021	1,146	1,313	0,021
4	41	0,112	0,097	0,015	0,883	0,851	0,015
5	36	0,098	0,079	0,019	1,276	1,737	0,019
6	22	0,060	0,067	-0,007	0,423	0,259	0,007
7	23	0,063	0,058	0,005	0,284	0,148	0,005
8	15	0,041	0,051	-0,010	0,752	0,720	0,010
9	18	0,049	0,046	0,003	0,166	0,080	0,003
N	366	NIVEL DE CRITICIDADE			Resultados	10,783	0,018
					Limites	15,507	0,015

Fonte: Autoria própria, 2021.

Analisando o Gráfico 3 que demonstra a distribuição dos Primeiros Dígitos referentes a obra da Usina Piloto, pode-se perceber que houveram picos nas frequências dos primeiros dígitos 2, 4, e 5 em relação à frequência da distribuição descendente da Lei de Benford, bem como, houveram também valores muito abaixo a exemplo dos primeiros dígitos 1 e 3. Embora esses dígitos tenham apresentado esses valores, os resultados para os demais testes foram positivos, portanto, pode-se considerar que houve uma conformidade marginal para os primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.

Gráfico 3 – Distribuição dos primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Para o Teste dos Dois Primeiros Dígitos referente a obra da Usina Piloto pode-se notar conforme apresentam a Tabela 8 que foram selecionados 4 dígitos considerados como críticos pelo Teste Z (dígitos 21, 55, 58 e 79) com valores acima de 1,96, sendo este o limite para o nível de significância adotado de 5%. A quantidade de dígitos selecionados para o Teste Z se mostrou adequada segundo Nigrini (2012), o qual considera que para haver uma conformidade aceitável com a distribuição de Benford, a seleção deve ser de até 5 picos para esse teste. O resultado para o Teste QQ também se mostrou dentro do limite estabelecido, no entanto, já o resultado para o Teste MDA foi muito superior ao limite para o teste.

Tabela 8 - Resultados dos testes estatísticos para os dois primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.

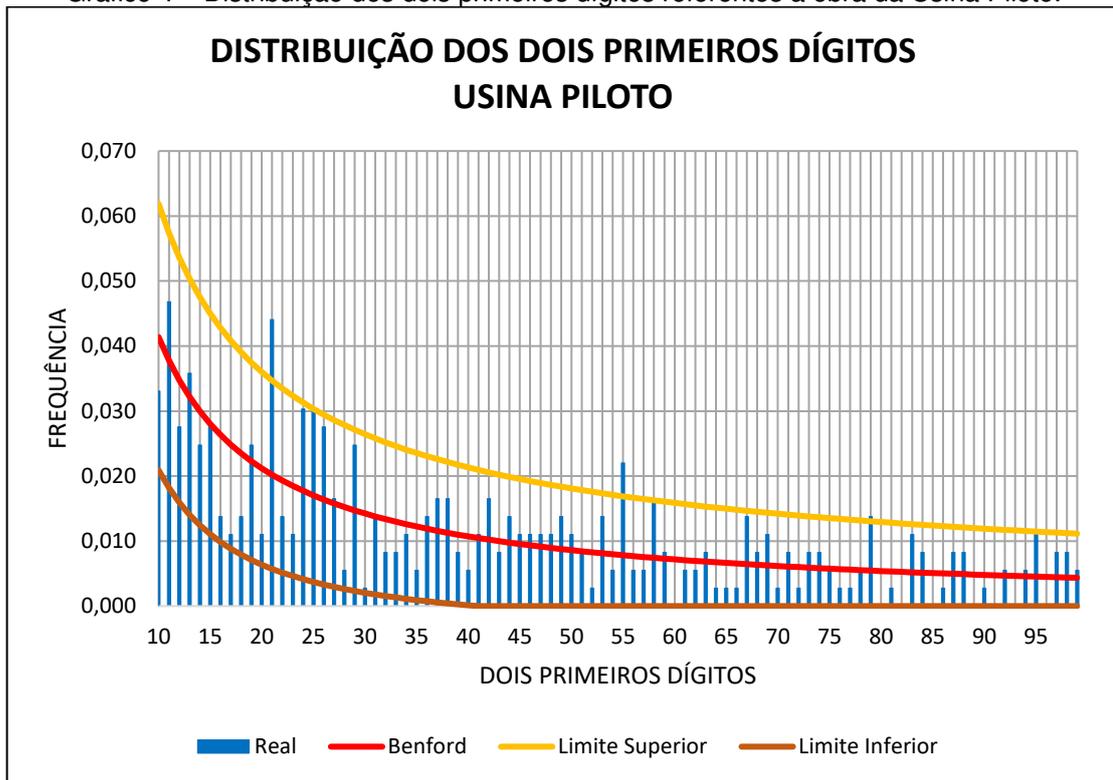
TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS							
Dígito	Contagem	Frequência Real	Benford	Diferença	Teste-Z	QQ	MDA
10	12	0,033	0,041	-0,008	0,797	0,609	0,008
11	17	0,047	0,038	0,009	0,904	0,786	0,009
12	10	0,028	0,035	-0,007	0,750	0,543	0,007
13	13	0,036	0,032	0,004	0,392	0,148	0,004
14	9	0,025	0,030	-0,005	0,578	0,324	0,005
15	10	0,028	0,028	0,000	0,055	0,003	0,000
16	5	0,014	0,026	-0,013	1,494	2,173	0,013
17	4	0,011	0,025	-0,014	1,690	2,787	0,014
18	5	0,014	0,023	-0,010	1,221	1,457	0,010
19	9	0,025	0,022	0,003	0,325	0,103	0,003
20	4	0,011	0,021	-0,010	1,345	1,772	0,010
21	16	0,044	0,020	0,024	3,233	10,241	0,024
22	5	0,014	0,019	-0,006	0,766	0,575	0,006
23	4	0,011	0,018	-0,007	1,056	1,094	0,007
24	11	0,030	0,018	0,013	1,815	3,237	0,013
25	11	0,030	0,017	0,013	1,954	3,753	0,013
26	10	0,028	0,016	0,011	1,674	2,757	0,011
27	6	0,017	0,016	0,001	0,112	0,012	0,001
28	2	0,006	0,015	-0,010	1,513	2,255	0,010
29	9	0,025	0,015	0,010	1,593	2,500	0,010
30	1	0,003	0,014	-0,011	1,847	3,363	0,011
31	5	0,014	0,014	0,000	0,002	0,000	0,000
32	3	0,008	0,013	-0,005	0,846	0,706	0,005
33	3	0,008	0,013	-0,005	0,792	0,619	0,005
34	4	0,011	0,013	-0,002	0,268	0,071	0,002
35	2	0,006	0,012	-0,007	1,166	1,342	0,007
36	5	0,014	0,012	0,002	0,329	0,107	0,002
37	6	0,017	0,012	0,005	0,881	0,767	0,005
38	6	0,017	0,011	0,005	0,947	0,886	0,005
39	3	0,008	0,011	-0,003	0,499	0,246	0,003
40	2	0,006	0,011	-0,005	0,965	0,920	0,005
41	4	0,011	0,010	0,001	0,104	0,011	0,001
42	6	0,017	0,010	0,006	1,195	1,414	0,006
43	3	0,008	0,010	-0,002	0,330	0,108	0,002
44	5	0,014	0,010	0,004	0,778	0,599	0,004
45	4	0,011	0,010	0,001	0,289	0,083	0,001
46	4	0,011	0,009	0,002	0,333	0,110	0,002
47	4	0,011	0,009	0,002	0,375	0,140	0,002
48	4	0,011	0,009	0,002	0,418	0,173	0,002
49	5	0,014	0,009	0,005	1,022	1,034	0,005
50	4	0,011	0,009	0,002	0,499	0,247	0,002
51	3	0,008	0,008	0,000	0,035	0,001	0,000
52	1	0,003	0,008	-0,006	1,161	1,336	0,006
53	5	0,014	0,008	0,006	1,201	1,431	0,006
54	2	0,006	0,008	-0,002	0,527	0,276	0,002
55	8	0,022	0,008	0,014	3,073	9,371	0,014
56	2	0,006	0,008	-0,002	0,475	0,224	0,002
57	2	0,006	0,008	-0,002	0,450	0,201	0,002
58	6	0,017	0,007	0,009	2,021	4,053	0,009
59	3	0,008	0,007	0,001	0,216	0,046	0,001
60	0	0,000	0,007	-0,007	1,620	2,606	0,007
61	2	0,006	0,007	-0,002	0,353	0,124	0,002

Dígito	Contagem	Frequência Real	Benford	Diferença	Teste-Z	QQ	MDA
62	2	0,006	0,007	-0,001	0,330	0,108	0,001
63	3	0,008	0,007	0,001	0,329	0,108	0,001
64	1	0,003	0,007	-0,004	0,927	0,853	0,004
65	1	0,003	0,007	-0,004	0,910	0,822	0,004
66	1	0,003	0,007	-0,004	0,893	0,793	0,004
67	5	0,014	0,006	0,007	1,749	3,040	0,007
68	3	0,008	0,006	0,002	0,462	0,212	0,002
69	4	0,011	0,006	0,005	1,153	1,322	0,005
70	1	0,003	0,006	-0,003	0,829	0,683	0,003
71	3	0,008	0,006	0,002	0,537	0,287	0,002
72	1	0,003	0,006	-0,003	0,799	0,634	0,003
73	3	0,008	0,006	0,002	0,586	0,341	0,002
74	3	0,008	0,006	0,002	0,609	0,369	0,002
75	2	0,006	0,006	0,000	0,061	0,004	0,000
76	1	0,003	0,006	-0,003	0,741	0,546	0,003
77	1	0,003	0,006	-0,003	0,727	0,526	0,003
78	2	0,006	0,006	0,000	0,006	0,000	0,000
79	5	0,014	0,005	0,008	2,148	4,590	0,008
80	0	0,000	0,005	-0,005	1,403	1,958	0,005
81	1	0,003	0,005	-0,003	0,674	0,451	0,003
82	0	0,000	0,005	-0,005	1,386	1,911	0,005
83	4	0,011	0,005	0,006	1,541	2,362	0,006
84	3	0,008	0,005	0,003	0,833	0,690	0,003
85	0	0,000	0,005	-0,005	1,361	1,844	0,005
86	1	0,003	0,005	-0,002	0,611	0,371	0,002
87	3	0,008	0,005	0,003	0,895	0,797	0,003
88	3	0,008	0,005	0,003	0,915	0,834	0,003
89	0	0,000	0,005	-0,005	1,330	1,761	0,005
90	1	0,003	0,005	-0,002	0,564	0,316	0,002
91	0	0,000	0,005	-0,005	1,316	1,723	0,005
92	2	0,006	0,005	0,001	0,227	0,051	0,001
93	0	0,000	0,005	-0,005	1,302	1,686	0,005
94	2	0,006	0,005	0,001	0,257	0,066	0,001
95	4	0,011	0,005	0,006	1,833	3,343	0,006
96	0	0,000	0,005	-0,005	1,281	1,634	0,005
97	3	0,008	0,004	0,004	1,090	1,183	0,004
98	3	0,008	0,004	0,004	1,109	1,224	0,004
99	2	0,006	0,004	0,001	0,331	0,109	0,001
N	363	NIVEL DE CRITICIDADE	Resultados		109,296	0,0048	
			Limites		112,02	0,0022	

Fonte: Autoria própria, 2021.

Conforme apresentado pelo Gráfico 4, pode-se observar que houveram picos mais intensos referentes aos dígitos 21, 55, 58, 79, 95 em relação às proporções da curva decrescente da Lei de Benford, que ultrapassaram o limite superior, sendo que desses dígitos apenas o dígito 95 não foi selecionado pelo Teste Z.

Gráfico 4 – Distribuição dos dois primeiros dígitos referentes a obra da Usina Piloto.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Considerando todos os testes aplicados, a planilha orçamentária da Usina Piloto não passou no Teste MDA e isso demonstra uma não conformidade dos dados nesse teste. No geral, as proporções dos dois primeiros dígitos para a obra da Usina Piloto ainda apresentou certa conformidade com a Lei de Benford,

A Tabela 9 apresenta os resultados referentes ao Teste da Soma a partir dos dados da obra da Usina Piloto. Nesta pode-se observar que foram selecionados pelo teste os dígitos considerados críticos, sendo estes todos aqueles com diferença entre a proporção real e distribuição de benford superior a 0,011, a fim de extrair uma amostra com pelo menos 80% (+/- 5%) do valor total do orçamento. Como os primeiros dígitos selecionados não foram suficientes, foi preciso flexibilizar o teste com uma redução de 25% do limite, baixando o valor da variável diferença para 0,00825, 0,0055 e 0,00275, respectivamente, aumentando assim a amostra até chegar a um valor adequado. Deste modo, os dígitos selecionados pelo teste foram 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 33, 37, 38, 39, 49, 51, 55, 68, 73, 79, 83, 87, 95.

Tabela 9 – Resultados do Teste da Soma referentes a obra da Usina Piloto.

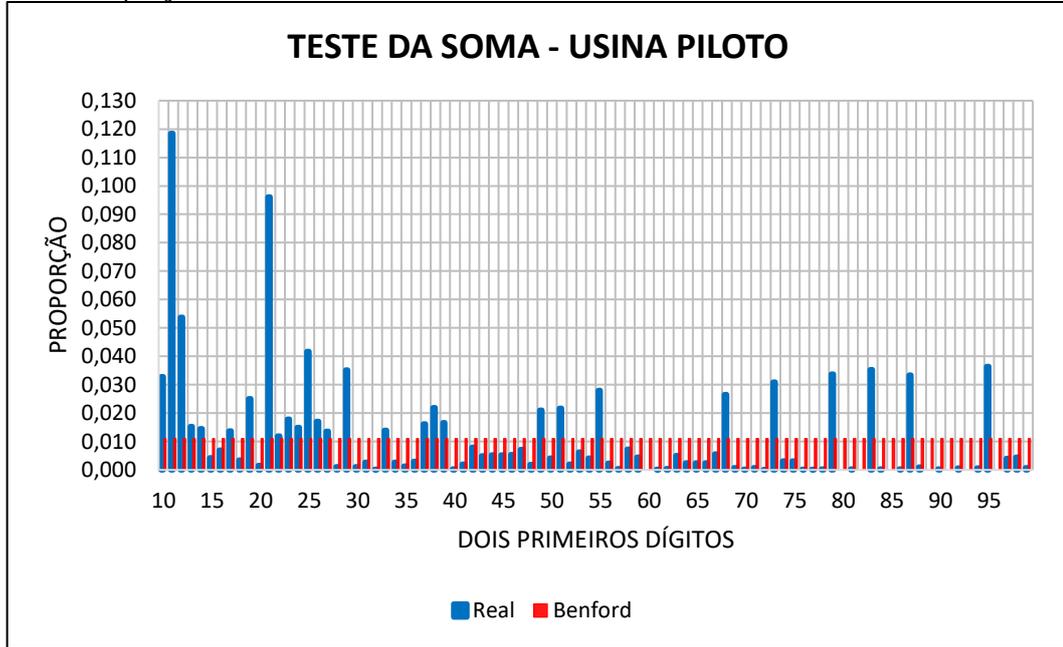
TESTE DA SOMA									
Dígito	Soma	Proporção	Benford	Diferença	Dígito	Soma	Proporção	Benford	Diferença
10	R\$ 86.653,57	0,033	0,011	0,0218	55	R\$ 73.972,29	0,028	0,011	0,0170
11	R\$ 312.998,74	0,119	0,011	0,1075	56	R\$ 6.193,80	0,002	0,011	-0,0087
12	R\$ 142.078,22	0,054	0,011	0,0428	57	R\$ 1.155,04	0,000	0,011	-0,0106
13	R\$ 40.403,53	0,015	0,011	0,0043	58	R\$ 19.267,65	0,007	0,011	-0,0037
14	R\$ 38.322,01	0,015	0,011	0,0035	59	R\$ 11.886,63	0,005	0,011	-0,0065
15	R\$ 11.276,86	0,004	0,011	-0,0067	60	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
16	R\$ 18.374,33	0,007	0,011	-0,0040	61	R\$ 679,19	0,000	0,011	-0,0107
17	R\$ 36.183,26	0,014	0,011	0,0027	62	R\$ 1.253,88	0,000	0,011	-0,0105
18	R\$ 9.282,48	0,004	0,011	-0,0075	63	R\$ 13.365,46	0,005	0,011	-0,0059
19	R\$ 66.238,39	0,025	0,011	0,0141	64	R\$ 6.486,00	0,002	0,011	-0,0085
20	R\$ 4.286,35	0,002	0,011	-0,0094	65	R\$ 6.569,37	0,002	0,011	-0,0085
21	R\$ 254.024,79	0,096	0,011	0,0852	66	R\$ 6.678,00	0,003	0,011	-0,0085
22	R\$ 31.521,74	0,012	0,011	0,0009	67	R\$ 14.968,60	0,006	0,011	-0,0053
23	R\$ 47.178,20	0,018	0,011	0,0069	68	R\$ 70.059,72	0,027	0,011	0,0155
24	R\$ 39.476,61	0,015	0,011	0,0039	69	R\$ 2.156,77	0,001	0,011	-0,0102
25	R\$ 110.326,23	0,042	0,011	0,0308	70	R\$ 706,86	0,000	0,011	-0,0107
26	R\$ 45.288,14	0,017	0,011	0,0061	71	R\$ 2.139,00	0,001	0,011	-0,0102
27	R\$ 35.916,74	0,014	0,011	0,0026	72	R\$ 72,87	0,000	0,011	-0,0110
28	R\$ 3.119,69	0,001	0,011	-0,0098	73	R\$ 81.731,58	0,031	0,011	0,0199
29	R\$ 93.093,85	0,035	0,011	0,0242	74	R\$ 8.261,48	0,003	0,011	-0,0079
30	R\$ 3.019,16	0,001	0,011	-0,0099	75	R\$ 8.257,02	0,003	0,011	-0,0079
31	R\$ 7.258,66	0,003	0,011	-0,0083	76	R\$ 763,20	0,000	0,011	-0,0107
32	R\$ 684,97	0,000	0,011	-0,0107	77	R\$ 773,68	0,000	0,011	-0,0107
33	R\$ 36.708,50	0,014	0,011	0,0029	78	R\$ 867,40	0,000	0,011	-0,0107
34	R\$ 7.233,39	0,003	0,011	-0,0083	79	R\$ 89.234,84	0,034	0,011	0,0228
35	R\$ 3.583,98	0,001	0,011	-0,0096	80	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
36	R\$ 8.091,46	0,003	0,011	-0,0079	81	R\$ 815,75	0,000	0,011	-0,0107
37	R\$ 42.732,77	0,016	0,011	0,0052	82	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
38	R\$ 58.033,15	0,022	0,011	0,0110	83	R\$ 93.146,79	0,035	0,011	0,0243
39	R\$ 43.908,22	0,017	0,011	0,0056	84	R\$ 1.016,86	0,000	0,011	-0,0106
40	R\$ 806,44	0,000	0,011	-0,0107	85	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
41	R\$ 5.361,80	0,002	0,011	-0,0090	86	R\$ 865,63	0,000	0,011	-0,0107
42	R\$ 21.204,52	0,008	0,011	-0,0030	87	R\$ 88.354,68	0,033	0,011	0,0225
43	R\$ 13.067,77	0,005	0,011	-0,0061	88	R\$ 2.651,50	0,001	0,011	-0,0100
44	R\$ 13.878,62	0,005	0,011	-0,0057	89	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
45	R\$ 14.043,16	0,005	0,011	-0,0057	90	R\$ 908,72	0,000	0,011	-0,0107
46	R\$ 14.408,61	0,005	0,011	-0,0055	91	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
47	R\$ 19.080,07	0,007	0,011	-0,0038	92	R\$ 1.849,67	0,001	0,011	-0,0103
48	R\$ 4.959,91	0,002	0,011	-0,0091	93	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
49	R\$ 55.684,69	0,021	0,011	0,0101	94	R\$ 1.886,46	0,001	0,011	-0,0103
50	R\$ 11.125,74	0,004	0,011	-0,0068	95	R\$ 96.376,76	0,036	0,011	0,0255
51	R\$ 57.398,00	0,022	0,011	0,0107	96	R\$ 0,00	0,000	0,011	-0,0110
52	R\$ 5.273,64	0,002	0,011	-0,0090	97	R\$ 10.824,69	0,004	0,011	-0,0069
53	R\$ 16.610,75	0,006	0,011	-0,0047	98	R\$ 11.844,21	0,004	0,011	-0,0065
54	R\$ 10.947,65	0,004	0,011	-0,0069	99	R\$ 1.993,43	0,001	0,011	-0,0102
SOMA TOTAL: R\$ 2.641.184,83									

Fonte: Autoria própria, 2021.

Observando o Gráfico 5, alguns dígitos como o 11 e 21 chamaram atenção devido sua proporção encontrada, onde apresentaram um percentual de 11,85% e 9,62%, respectivamente, referente ao valor total da planilha. Desta forma, constata-se

de que para o Teste da Soma referente a obra da Usina Piloto, os resultados obtidos em nada se aproximaram de uma sequência de Benford.

Gráfico 5 - Proporção dos dados de acordo com o Teste da Soma referente a obra da Usina Piloto.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A Tabela 10 trata do confronto entre os dados selecionados como críticos pelo o Teste dos Dois Primeiros Dígitos (coluna 2) e o Teste da Soma (coluna 3) e pretende realizar a confirmação da criticidade dos dígitos selecionados, bem como determinar a amostra final para o orçamento.

Tabela 10 – Confirmação da criticidade dos dígitos selecionados através do confronto entre os Testes dos dois primeiros dígitos e da soma.

DÍGITOS	FREQUÊNCIA	PROPORÇÃO	CRÍTICO?
10	0,033	0,033	SIM
11	0,047	0,119	SIM
12	0,028	0,054	SIM
13	0,036	0,015	SIM
14	0,025	0,015	SIM
17	0,011	0,014	SIM
19	0,025	0,025	SIM
21	0,044	0,096	SIM
23	0,011	0,018	SIM
24	0,028	0,015	SIM
25	0,030	0,042	SIM
26	0,028	0,017	SIM
29	0,025	0,035	SIM
33	0,008	0,014	SIM
37	0,017	0,016	SIM
38	0,017	0,022	SIM
39	0,008	0,017	SIM
49	0,014	0,021	SIM

DÍGITOS	FREQUÊNCIA	PROPORÇÃO	CRÍTICO?
55	0,022	0,028	SIM
58	0,017	0,007	NÃO
68	0,008	0,027	SIM
73	0,008	0,031	SIM
79	0,014	0,034	SIM
83	0,011	0,035	SIM
87	0,008	0,033	SIM
95	0,011	0,036	SIM

Fonte: Autoria própria, 2021.

Todos os dígitos selecionados pelo Teste da Soma são automaticamente considerados críticos, logo, ao serem selecionados já fazem parte da amostra final, caso este dos dígitos que estão classificados em branco na última coluna. Observe-se que a grande maioria dos dígitos foram selecionados pelo Teste da Soma, e que três (03) dígitos foram considerados altamente críticos (dígitos 21, 55 e 79) uma vez que foram selecionados tanto pelo Teste dos Dois Primeiros Dígitos como pelo Teste da Soma. De acordo com Nigrini (2012), esses dígitos apontam que pode haver alguma irregularidade nesses dados, o que sugere a possibilidade de fraude ou manipulação. No entanto, uma vez que os orçamentos utilizados neste trabalho foram do tipo orçamento contratado, não haviam possibilidades de existirem fraudes orçamentárias, sendo assim, observou-se apenas a relevância financeira dos itens referentes a esses dígitos.

A Tabela 10 ainda aponta que o dígito 58 cujo o qual foi selecionado pelo Teste dos Dois Primeiros Dígitos não passou no confronto entre os testes pois foi considerado irrelevante pelo Teste da Soma, além da sua baixa relevância financeira, deste modo, sua criticidade não foi confirmada e, portanto, acabou não compensando incluir os itens correspondentes ao dígito na amostra final.

Após confirmada a criticidade dos dígitos, a amostra final foi composta pelos dígitos presentes na Tabela 11, possuindo um valor total de R\$ 2.142.209,53, correspondente a 81,11% (menos de 5% inferior aos 80% estabelecidos inicialmente) do valor total do orçamento.

Tabela 11 – Amostra final referente aos dígitos selecionados para a obra da Usina Piloto.

DOIS PRIMEIROS DÍGITOS CRÍTICOS	SOMATÓRIO DOS VALORES TOTAIS (R\$)
10	R\$ 86.653,57
11	R\$ 312.998,74
12	R\$ 142.078,22
13	R\$ 40.403,53

DOIS PRIMEIROS DÍGITOS CRÍTICOS	SOMATÓRIO DOS VALORES TOTAIS (R\$)
14	R\$ 38.322,01
17	R\$ 36.183,26
19	R\$ 66.238,39
21	R\$ 254.024,79
23	R\$ 47.178,20
24	R\$ 39.476,61
25	R\$ 110.326,23
26	R\$ 45.288,14
29	R\$ 93.093,85
33	R\$ 36.708,50
37	R\$ 42.732,77
38	R\$ 58.033,15
39	R\$ 43.908,22
49	R\$ 55.684,69
55	R\$ 73.972,29
68	R\$ 70.059,72
73	R\$ 81.731,58
79	R\$ 89.234,84
83	R\$ 93.146,79
87	R\$ 88.354,68
95	R\$ 96.376,76
VALOR TOTAL OBTIDO DA AMOSTRA (R\$)	R\$ 2.142.209,53
VALOR TOTAL DA PLANILHA (R\$)	R\$ 2.641.204,67
PERCENTUAL DA AMOSTRA (%)	81,11%

Fonte: Autoria própria, 2021.

5.2.2. Resultados para as demais obras

Este tópico trata resumidamente dos resultados referentes a todos os testes aplicados pela Lei de Benford para as demais obras analisadas pelo presente estudo, em que a metodologia se desenvolveu do mesmo modo a exemplo do que foi detalhado acima referente a obra da Usina Piloto.

Observando a Tabela 12, no que se refere ao Teste do Primeiro Dígito, o único valor acima do limite para o Teste MDA foi o referente a obra da Usina Piloto, no entanto, como já comentado anteriormente, apesar dessa desconformidade a distribuição dos primeiros dígitos pode ser considerada aceitável devido aos resultados positivos dos outros testes.

Já para o teste dos Dois Primeiros Dígitos é possível perceber que todas as obras apresentaram resultados acima do valor limite para o teste estatístico da Média dos Desvios Absolutos (MDA). Isso implica que para todas as obras estudadas não houve conformidade para o teste.

A Tabela 12 ainda apresenta um resultado muito acima do limite para o Teste do Qui-Quadrado (QQ) referente as obras de Infraestrutura da UFRN para a análise dos dois primeiros dígitos, o que pode estar relacionado ao fato de que o teste é mais sensível a um banco de dados mais extenso, a exemplo do orçamento da UFRN que tem uma maior quantidade de itens se comparado aos demais orçamentos aqui listados.

As Tabelas 12 e 13 trazem resumidamente os dados obtidos para os Testes do Primeiro e dos Dois Primeiros Dígitos referentes a todas as obras estudadas.

Tabela 12 – Resumo dos resultados para os testes QQ e MDA para os primeiros e dois primeiros dígitos referente a todas as obras analisadas.

TESTES QQ E MDA (limite de significância para 0,05)						
Obras	Teste do 1º Dígito			Teste dos Dois Primeiros Dígitos		
	N	Teste QQ	MDA	N	Teste QQ	MDA
Limites	-	15,507	0,015	-	112,02	0,0022
Usina Piloto	366	10,783	0,018	363	109,3	0,0048
Escola 12 salas - FNDE	367	3,568	0,010	365	86,01	0,0041
Infraestrutura UFRN	657	12,079	0,013	656	146,15	0,0042
Escola Sustentável Pombal	611	8,087	0,009	592	103,65	0,0034

Fonte: Autoria própria, 2021.

Na Tabela 13 se pode notar que as obras de Infraestrutura da UFRN e da Escola Sustentável realizou a seleção de muitos dígitos no Teste Z. Como já comentado anteriormente, alguns desses dígitos foram detectados pelo teste após a flexibilização para complementação da amostra, uma vez que essas não chegaram a atingir mais ou menos 80% do valor total do orçamento. No entanto, as obras da UFRN detectaram mais dígitos do que o limite permitido sem a necessidade de flexibilização enquanto para a obra da Escola Sustentável, o número de dígitos detectados foram de 5, sendo assim considerado aceitável por Nigrini (2012), o qual propõe que para haver uma conformidade aceitável com a distribuição de Benford, a seleção deve ser de até 5 picos para esse teste.

Tabela 13 - Resumo dos resultados para o teste Z para os primeiros e dois primeiros dígitos referente a todas as obras analisadas.

Teste Z (limite de significância para 0,05 = 1,96)						
Obras	Teste do 1º Dígito			Teste dos Dois Primeiros Dígitos		
	N	Quantidade de dígitos selecionados	Dígitos selecionados	N	Quantidade de dígitos selecionados	Dígitos selecionados
Usina Piloto	366	0	-	363	4	21, 55, 58, 79
Escola 12 salas - FNDE	367	0	-	365	3	34, 57, 77
Infraestrutura UFRN	657	1	2	656	16	15, 16, 18, 19, 22, 23, 34, 35, 39, 42, 50, 59, 60, 82, 86, 94
Escola Sustentável Pombal	611	0	-	592	8	15, 27, 29, 36, 53, 70, 77, 80

Fonte: Autoria própria, 2021.

Ao se observar isoladamente os resultados das obras de Infraestrutura da UFRN, percebe-se que estas apresentam uma maior desconformidade se comparado as demais obras analisadas, uma vez que também houveram dígitos selecionados no Teste do Primeiro Dígito referentes ao Teste Z voltados as obras da UFRN.

Ainda a respeito dos Primeiros Dígitos, embora seus resultados não tenham vindo a entrar nas amostras finais em função de representarem uma amostragem menor (dividida em apenas 9 grupos de dígitos) se comparado ao Teste dos Dois Primeiros Dígitos, estes serviram como base para determinação da conformidade ou não das distribuições encontradas. Desta forma, foram de grande importância aos resultados finais. De modo geral, houve um padrão de regularidade para a distribuição dos primeiros dígitos, enquanto na distribuição dos Dois Primeiros Dígitos houve uma não conformidade referente apenas as obras de Infraestrutura da UFRN. Quanto ao Teste da Soma, a exemplo do que foi visto para a obra da Usina Piloto, foi constatado que os resultados para nenhuma das obras não se aproximaram de uma distribuição de Benford.

5.3. Comparação das amostras obtidas pela Lei de Benford e Curva ABC

A Tabela 14 traz um agrupamento dos resultados referentes a Curva ABC e a Lei de Benford para as quatro obras estudadas. Ao se buscar uma equivalência entre

os resultados para praticar a comparação, foram chegados aos seguintes dados, os quais podem ser observados na tabela.

Tabela 14 – Comparativo entre resultados obtidos pela curva ABC e Lei de Benford para todas as obras analisadas.

CONFRONTO CURVA ABC X LEI DE BENFORD							
Obras	Curva ABC			Lei de Benford			Valor total do Orçamento (R\$)
	N	Percentual equivalente (%)	Valor equivalente (R\$)	N	Percentual equivalente (%)	Valor equivalente (R\$)	
Usina Piloto	67	81,05%	2.140.798,41	188	81,11%	2.142.209,53	2.641.204,67
Escola 12 salas - FNDE	59	80,34%	3.231.679,85	190	80,44%	3.236.089,43	4.022.804,21
Infraestrutura UFRN	92	71,97%	5.427.616,07	345	72,01%	5.430.796,44	7.541.600,75
Escola Sustentável Pombal	52	73,71%	1.331.684,41	318	73,98%	1.336.413,12	1.806.562,36

Fonte: Autoria própria, 2021.

Em termos percentuais, os valores obtidos foram praticamente idênticos, com pequena vantagem de décimos percentuais para os resultados obtidos pela Lei de Benford. Essa vantagem também poder ser notada nos valores financeiros das amostras, onde os resultados obtidos pela Lei de Benford chegam a ser um pouco superiores que os da Curva ABC, o que faz todo sentido uma vez que esse percentual é equivalente ao valor total do orçamento, o qual é o mesmo para ambos os procedimentos. Entretanto, o que chama mais atenção nos dados apresentados são as quantidades de itens (N) analisadas por cada metodologia para chegar até aos seus valores equivalentes.

Observando a Tabela 14 e tomando como exemplo a obra da Usina Piloto, enquanto a Curva ABC obteve o percentual de 81,05% para uma amostra com 67 itens, a Lei de Benford obteve uma amostra com percentual equivalente, com o valor de 81,11% para uma quantidade de 188 itens, o que caracteriza um total de 121 itens a mais que o primeiro método.

Vale salientar que para realização da curva ABC se faz necessário o agrupamento dos itens idênticos, o que acarretou numa redução considerável dos números de itens originais das planilhas, enquanto para a aplicação da Lei de Benford

não é permitida a realização desse procedimento para que não haja alterações nos resultados dos testes.

No entanto, o que se pode observar é que cada metodologia selecionou itens diferentes em suas abordagens. Esse episódio pode ser atribuído muito mais ao fato de as metodologias analisarem variáveis diferentes e não tão quanto à possibilidade ou não do agrupamento dos dados por cada método.

Também foi possível constatar nos quadros que devido ao método de avaliação da Lei de Benford ter como base a análise da frequência de impressão dos dígitos e não somente a variável financeira dos itens, a exemplo da curva ABC, o método identificou como significativos muito mais itens que não estavam presentes na Curva ABC do que o contrário.

Os Quadros 1 e 2 a seguir demonstram o que foi citado acima, em que nestes são apresentados fragmentos dos dados referentes aos itens identificados pela obra da Usina Piloto para a metodologia aplicada pela curva ABC e para a Lei de Benford, respectivamente.

Quadro 1 – Serviços identificados como relevantes pela curva ABC que não foram identificados pela Lei de Benford.

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	PREÇO TOTAL (R\$)	ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	PREÇO TOTAL (R\$)
08.08	Revestimento cerâmico para paredes externas em pastilha de porcelana , cor branca; dimensões 10cm x 10cm, alinhadas a prumo, aplicado em panos com vãos, assentes com argamassa colante flexível (para exterior) AC III, rejunte rebaixado espessura 3mm;	R\$ 27.398,10	11.02	Rede de alimentação hidráulica em tubo de PVC soldável 60mm, classe 15; escavação mecânica de vala com profundidade mínima de 40cm; reaterro compactado;	R\$ 9.751,20
12.1.20	Sistema de iluminação externa composto por luminária com refrator de vidro, poste de concreto circular com H = 5m e peso de 100 kg, caixa de passagem em alvenaria e cabo de PVC 450/750 V de 2,5 mm ² .	R\$ 16.245,00	01.04	Execução de sanitário e vestiário em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário.	R\$ 7.503,74
10.26	Porta em vidro temperado fumê, espessura 10mm, de abrir, com 2 folhas de 0,67m x 2,10m, inclusive ferragens; Puxador e ferrolho inox; Bandeira fixa em vidro temperado fumê espessura 10mm com ferragens dim 1,34 x 0,50m; dimensões totais 1,34m x 2,60m; amb entrada térreo recepção; tipo (P15);	R\$ 9.874,44	10.25	Portão em alumínio anodizado preto, de abrir, com duas folhas de 1,10m x 2,15m; fixado (chumbado) na alvenaria; ferrolho; dimensões totais 2,20m X 2,15m; amb lixeira e casa do gás; tipo P14;	R\$ 7.443,84

Fonte: Autoria própria, 2021.

Quadro 2 – Fragmento dos serviços identificados como relevantes pela Lei de Benford que não foram identificados pela curva ABC.

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	PREÇO TOTAL (R\$)	ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	PREÇO TOTAL (R\$)
05.05	Laje em concreto armado, com dosagem racional fck = 25,0 Mpa; taxa de armadura 70kg/m ³ de concreto, e taxa de forma de 10 m ² /m ³ , e controle tecnológico;	R\$ 1.028,29	12.2.4	Estrutura compacta com espaçadores de rede de distribuição primária tipo CE1 (padrão Energisa NDU004) com braço suporte tipo "L" e ferragens, instalada em poste DT.	R\$ 2.489,62
12.2.1	Fornecimento de poste de concreto armado Duplo T 11/1000 assentado diretamente no solo.	R\$ 1.085,84	12.3.1.7	Aterramento composto de haste de cobre l = 2,40m, interligada com cabo de cobre tipo cordoalha – Fornecimento e implantação.	R\$ 243,48
14.02	Tampo em granito polido, vazado para 3 cubas de sobrepor oval ; com 2,20m comp., largura = 55cm, e=2cm, inclusive espelho h = 7cm em todo perímetro; bordas duplas boleadas . Tipo B9; Amb. Wcs térreo ;	R\$ 1.017,64	12.3.3.11	Luva para eletroduto de pvc rígido roscável, diâm = 50mm (1 1/2") – Fornecimento e Instalação	R\$ 24,20
14.22	Espelho cristal, espessura 4mm, com parafusos de fixação, sem moldura, dimensão 2,20m x 1,00m; amb wcs térreo;	R\$ 1.008,46	14.30.1.1	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com remoção de camada vegetal e retirada de árvores até 15cm de diâmetro, utilizando motoniveladora.	R\$ 2.415,00
02.02	Móveis e utensílios.	R\$ 1.128,78	07.09	Caixa sifonada, PVC, DN 100 x 100 x 50 mm, fornecida e instalada em ramais de encaminhamento de água pluvial.	R\$ 253,75
07.07	Rede vertical para esgotamento de águas pluviais em tubos PVC 75mm, embutidos (coluna falsa) internamente em alvenaria; Ambiente caixa d'água;	R\$ 114,92	07.10	Caixa enterrada hidráulica retangular em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços, dimensões internas: 0,60 x 0,60 x 0,60 m para rede de água pluvial.	R\$ 2.583,70
10.10	Janela em vidro temperado fumê espessura 8mm; ferragem em metal; 2 painéis fixos e 2 de correr; perfis de alumínio anodizado preto; dimensão total 2,85m x 0,50m; tipo J10 pav. Térreo;	R\$ 1.152,30	10.18	Porta prensada em imbuia, de abrir, com 2 folhas de 0,70 x 2,10; revestimento em fórmica rígida texturizada cor bege em todas as faces; forra em Jatobá/Tatajuba/Maçaranduba com bandeira (1,46x0,50)m, inc. friso de contorno da forra em perfil "U" de alumínio 1 x 1 cm (12m por porta); 64rês dobradiças por folha de porta; fechadura de cilindro, maçaneta modelo "taco de golfe", 02 und ferrolho; dimensões totais 1,46 x 2,60m; tipo (P07); amb. Circulação;	R\$ 2.587,40

Fonte: Autoria própria, 2021.

De maneira geral, ao consolidar esses resultados em termos percentuais, apenas 2,96% dos itens identificados como relevantes pela curva ABC não foram identificados pela Lei de Benford, enquanto 6,04% dos itens que foram identificados como relevantes pela Lei de Benford não estiveram presentes na amostra obtida pela curva ABC.

Deste modo, pode-se comprovar que a curva ABC não chegou a identificar os mesmos itens que foram identificados pela Lei de Benford, tendo ainda a Lei de Benford englobado a maioria dos demais itens da amostra obtida pela curva ABC, sobretudo os itens da faixa A, considerados pela metodologia os mais significativos, não selecionando apenas um dos quinze (15) serviços presentes nessa faixa de classificação referente a obra da Usina Piloto.

6. CONCLUSÕES

A seguir são apresentadas as conclusões deste trabalho a partir dos resultados obtidos com a aplicação da Lei de Benford e da Curva ABC aos diferentes orçamentos analisados, verificando a sua conformidade ou não com as hipóteses levantadas no capítulo 2 referente aos objetivos pretendidos. Desse modo, chegou-se as seguintes conclusões:

- O algoritmo proposto por Cunha, Bugarin e Portugal (2016) para aplicação da Lei de Benford foi bem aceito pelas planilhas orçamentárias, apesar que os mesmos autores aqui citados indiquem que o método deve ser aplicado a planilhas orçamentárias com, no mínimo, 800 itens, uma vez que um orçamento com poucos itens pode apresentar uma falsa desconformidade com a lei.
- Essas desconformidades puderam ser observadas através das inúmeras oscilações que ocorreram nos testes, sobretudo nos testes da soma, que em nada se aproximaram dos resultados adequados para o teste. Esse fato pode ter ocorrido devido a influência do pequeno volume de dados de cada planilha.
- Os testes de conformidade apontaram resultados considerados adequados dentro dos limites considerados pela metodologia, com exceção para alguns testes referentes as obras da UFRN, a exemplo dos testes do primeiro dígito e dos dois primeiros dígitos que apresentaram maior desconformidade se comparados as demais obras analisadas.
- A metodologia aplicada obteve sucesso em identificar os serviços mais significativos de cada planilha orçamentária, seja utilizando a curva ABC, seja utilizando a Lei de Benford, embora alguns dados tenham apresentado desconformidade com o esperado para Lei de Benford, caso este das obras da UFRN.
- Ao comparar os resultados obtidos pela aplicação da Lei de Benford e da curva ABC, foi percebido que os serviços identificados não foram totalmente idênticos para ambos os métodos, resultado este já esperado uma vez que cada um tomava como base uma avaliação

sobre uma variável diferente, em que o primeiro método observava a frequência de apresentação dos dígitos, já a segunda forma tinha o foco na relevância financeira dos itens. Além disso, também foi notado que a Lei de Benford fez uma seleção maior de itens se comparada a curva ABC.

- Embora os resultados tenham se permitido influenciar por esta diferença entre as metodologias, ao coloca-los em valores percentuais e em cifras (valor financeiro), nota-se que os valores referentes as amostras para ambos os métodos se apresentaram próximos, no entanto, a Lei de Benford apresentou números um pouco maiores em todas as situações.
- Os resultados apresentados apontam para uma conformidade marginal entre os métodos. Deste modo, se forem observados apenas os números finais, pode-se considerar valido o uso de qualquer uma das metodologias para determinação de uma amostra de auditoria, seja por valores em percentual, seja em valores financeiros. Entretanto, itens importantes podem ficar de fora da seleção da amostra de auditoria ao se optar por apenas uma ou outra metodologia, uma vez que são escolhidos itens diferentes por uma e um número maior de itens por outra, como já mencionado.
- Cunha, Bugarin e Portugal (2016) haviam sugerido o uso das metodologias em conjunto, devendo-se complementar a amostra final de auditoria adotando os critérios da curva ABC caso a Lei de Benford não chegasse a identificar um número de categorias de dígitos suficientes de modo a se aproximar do percentual desejado para a amostra. Além dos aspectos já citados, a Lei de Benford apresenta ainda a possibilidade da identificação de dados fraudulentos, sua principal e mais usual finalidade.
- Aponta-se, portanto, após debatidos os resultados a possibilidade de complementariedade entre os métodos, que pode permitir serem obtidas amostras de auditorias mais completas se utilizados ambos os métodos em conjunto.

7. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Para a realização de futuros trabalhos, sugere-se:

- Repetir esta pesquisa, aplicando a metodologia utilizada a uma maior quantidade de planilhas orçamentárias com variados volumes de dados, de modo a validar ou não as conclusões aqui feitas;
- Aplicar a Lei de Benford isoladamente aos orçamentos finais referentes as mesmas obras desta pesquisa, a fim de identificar possíveis dados fraudulentos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BRASIL. **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. **Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 13 jan. 2021.

BRASIL. Controladoria-Geral da União. **Licitações e Contratos**. Brasília: CGU, 2008. 61 p. Disponível em: <https://ib.rc.unesp.br/Home/Administracao/SecaoTecnicaDeContabilidade/licitacoes_contratos.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Obras públicas: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas**. 4. ed. Brasília: TCU, 2014a. 104 p. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/data/files/1E/26/8A/06/23DEF610F5680BF6F18818A8/Obras_publicas_recomendacoes_basicas_contratacao_fiscalizacao_obras_edificacoes_publicas_4_edicao.PDF>. Acesso em 18 jan. 2021.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas / Tribunal de Contas da União**, Coordenação-Geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura e da Região Sudeste. – Brasília: TCU, 2014b. 145 p. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A25232C6DE0152A279A5CA4601>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Licitações e contratos: Orientações e jurisprudência do TCU**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Brasília: TCU, Secretaria-Geral da Presidência: Senado Federal, Secretaria Especial de Editoração e Publicações, 2010.

BENFORD, F. **The law of anomalous numbers**. Proceedings of the American Philosophical Society 78 (4), 551-572. 1938.

BUSSE, A. M. F.; MANZOKI, S. L. **Auditoria de recursos humanos** [livro eletrônico]. 1 ed. Curitiba: InterSaberes, 2014. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/auditoria-recursos-humanos/4923662/>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

CARSLAW, C. **Anomalies in income numbers: evidence from goal oriented behaviour**. The Accounting Review. **63**, 1988, p. 321-327.

COELHO, Adelaide Bittencourt P. **Obras e serviços de engenharia: licitações e contratos**. Minicurso. TCEMG, 2009.

COSTA, J. P. **O uso das técnicas de amostragem em auditoria financeira** (Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Porto). 2016. Disponível em:

<<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/86966/2/158564.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

COSTA, J. I. F. **Desenvolvimento de metodologias contabilométricas aplicadas à auditoria contábil digital: uma proposta de análise da lei de Newcomb-Benford para os tribunais de contas.** 2012. Dissertação (Mestrado em Contabilidade) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10416>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

_____; SANTOS, J.; TRAVASSOS, S. K. M. **Análise de conformidade nos gastos públicos dos entes federativos: Estudo de Caso de uma Aplicação da Lei de Newcomb-Benford para o Primeiro e Segundo Dígito em Dois Estados Brasileiros.** Revista de Contabilidade & Finanças – USP, São Paulo, 23 (60) 187-198. 2012. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/9054/analise-de-conformidade-nos-gastos-publicos-dos--->>. Acesso em: 5 dez. 2020.

CUNHA, F.C.R. **Aplicações da Lei Newcomb-Benford à Auditoria de Obras Públicas.** Dissertação (Mestrado em Regulação e Gestão de Negócios) – Universidade de Brasília, Brasília, 486p. 2013.

_____; BUGARIN, M.S. **Benford Law for audit of public works: An analysis of overpricing in Maracanã soccer arena's renovation".** *Economics Bulletin*. **35**, p.120-129. 2015.

_____; BUGARIN, M.S.; PORTUGAL, A.C. **Seleção de amostra de auditoria de obras públicas pela lei de Benford.** Versão estendida. São Paulo: IBRAOP, 2016. Disponível em: <<https://irbcontas.org.br/wp-content/uploads/2020/04/selecao-de-amostra-de-auditoria-obras-publicas.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

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

FARIAS, P. P. P. **Licitações e obras públicas.** Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. CREA-PR, 2016. Disponível em: <<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/licitacoes-e-obras-publicas.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

FORSTER, R. P. **Auditoria Contábil em Entidades do Terceiro Setor: Uma Aplicação da Lei de Newcomb-Benford.** (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.bce.unb.br/handle/10482/5956>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

GALINDO, Marcos. **O Dilemma do Pharmacon.** Brasília, DF, v. 41 n. 1, p.36-50. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13880>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

HILL, T.P. Base-Invariance Implies Benford's Law. *The American Mathematical Society* 123(3), 887-895. ISSN: 0002-9939. 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS. **Orientação Técnica Projeto Básico. OT – IBR 001/2006.** Disponível em: <http://www.ibraop.org.br/wp-content/uploads/2013/06/orientacao_tecnica.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2021.

MARINELA, Fernanda. **Direito administrativo.** 6ª Ed. Niterói: Impetus, 2012. Disponível em: <<https://www.doccity.com/pt/fernanda-marinela-direito-administrativo-2012-1/4829847/>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras.** 3.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro.** São Paulo, 2012.

MUTTI, Cristine do Nascimento. **Administração da Construção.** Departamento de Engenharia Civil – UFSC. Florianópolis, Santa Catarina, 2008. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/40490708/apostila-administracao-da-construcao>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

NEWCOMB, S. **Note on the frequency of the different digits in natural numbers.** The American Journal of Mathematics, Vol. 4, 39-40. 1881.

NIGRINI, M. J. **An Assessment of the Change in the Incidence of Earnings Management Around the Enron-Andersen Episode.** Review of Accounting and Finance 4, 92-110. 2005. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1657234&show=pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

_____. **Benford's Law. Applications for Forensic Accounting Auditing, and Fraud Detection.** Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2012.

_____; MITTERMAIER, L. J. **The Use of Benford's Law as na Aid in Analytical Procedures.** Auditing. A Journal of Practice & Theory. 1997. v. 16, n. 2.

PAULA, Petrônio Pires de. **As formas de controles utilizadas na administração pública para fins de avaliação das demonstrações contábeis.** Goiânia, 2016. Disponível em: <http://www.tcm.go.gov.br/escolatcm/wp-content/uploads/2017/04/TCC-Artigo_Petronio.pdf>. Acesso em 01 mar. 2021.

PEREZ JUNIOR, José Hernandez. **Auditoria das demonstrações contábeis: Normas e Procedimentos.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2010. p. 01-02, p-08, p-12.

QUEIROZ, M. N. **Programação e controle de obras.** Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia - Departamento de Construção Civil. 2001. 95p. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pares/files/2009/09/APOSTILA-PCO-JAN-20121.pdf>>. Acesso em 04 mar. 2021.

RIBEIRO, Leda Candida Leite Pereira Cipoli. **Obras públicas - alguns aspectos: da licitação à auditoria.** Especialize – revista online. Instituto de Pós Graduação – IPOG.

Janeiro/2013. Disponível em: <http://www.uniaodaserrageral.mg.gov.br/wp-content/pdf/Edital_23042014.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

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.** In: 3 Congresso USP Controladoria e Contabilidade, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP. 2003. Disponível em: <<https://congressosp.fipecafi.org/anais/artigos32003/Congresso2003.zip>>. Acesso em: 14 dez. 2020.

_____; DINIZ, J. A.; CORRAR, L. **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.** *Brazilian Business Review* 2 (1), 71-89. 2005. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/download/20542>>. Acesso em: 14 dez. 2020.

_____; TENORIO, J. N. B.; SILVA, L. G. C. **Uma Aplicação da Teoria das Probabilidades na Contabilometria: A lei de Newcomb-Benford como uma medida para análise de dados no campo da Auditoria Contábil.** *UnB Contábil JCR*, Brasília, v. 6, p. 35-54. 2003. Disponível em: <<https://www.revistacgg.org/contabil/article/download/192/132>>. Acesso em: 14 dez. 2020.

THOMAS, J. **Unusual patterns in reported earnings.** *The Accounting Review*. 64, p. 773-787. 1979

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. SEGECEX / SECOB-1. **Roteiro de Auditoria de Obras Públicas.** Brasília, dez/2012. Disponível em: <<https://www.cjf.jus.br/cjf/unidades/control-interno/normatizacao/roteiro-de-auditoria-de-obras-publicas-tcu/view/++widget++form.widgets.arquivo/@@download/Roteiro+de+Auditoria+de+Obras.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2021.

TCEPR. **Manual de orientação para contratação e fiscalização de obras e serviços de engenharia.** 1. ed. Paraná, 2015. Disponível em: <https://www.pontagrossa.pr.gov.br/files/controladoria/manual_de_orientacao_para_contratacao_e_fiscalizacao_de_obras_tce_0.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.