

XVI ECONOMIA DO CEARÁ EM DEBATE

Área 4 – Setor Público

O EFEITO DA PANDEMIA DE COVID-19 NOS GASTOS PÚBLICOS MUNICIPAIS NO ESTADO DO CEARÁ: PROPOSIÇÃO E APLICAÇÃO DE MÉTODO DE DETECÇÃO DE *RED FLAGS*

Sarah Mesquita Lima

Doutora em Administração de Empresas pela Unifor. Professora no IFCE.

sarah.mesquita@ifce.edu.br

(85) 9 9106-0275

Jaime de Jesus Filho

Doutor em Economia pela University of Chicago. Pesquisador no TCE-CE.

jjaimefilho@gmail.com

Paulo Rogério Faustino Matos

Doutor em Economia pela FGV. Professor na UFC.

paulomatos@caen.ufc.br

Ricardo Wagner Cavalcante Brito

Doutorando em Ciências da Computação pela UFC. Professor na UniFB.

ricardowcb@gmail.com

O efeito da pandemia de Covid-19 nos gastos públicos municipais no estado do Ceará: Proposição e aplicação de método de detecção de *red flags*

RESUMO

Motivada pelo período pandêmico pelo qual o mundo passa no ano de 2020, esta pesquisa objetivou propor e aplicar um método para detecção de *red flags* em despesas públicas municipais. Para tanto, após prévia busca na literatura, foram definidas métricas para aferição de padrões das despesas liquidadas pelo Poder Executivo, as quais foram aplicadas aos municípios cearenses com uso de dados informados pelos municípios ao Tribunal de Contas do Estado do Ceará. Com a utilização da técnica de *boxplot*, foram mapeados os municípios que apresentaram gastos anormais no período de março a julho de 2020 em função de sua população, utilizada como *proxy* para porte. A aplicação do método proposto permitiu identificar, considerando a classificação funcional da despesa, os municípios que demandam mais atenção, bem como quais as subfunções daqueles municípios devem ser examinadas com maior profundidade. O estudo traz contribuições aos campos acadêmico e profissional, pois ao primeiro acrescenta um conhecimento novo, representado uma combinação de métodos para solução de um problema; com relação ao segundo, disponibiliza aos agentes públicos, em especial aos analistas e auditores de Tribunais de Contas, uma metodologia que permite a detecção de *red flags* sem aplicação de técnicas de *machine learning*.

ABSTRACT

Motivated by the pandemic period the world is going through in the year 2020, this research aimed to propose and apply a method for detecting red flags in municipal public expenditure. To this end, after a previous search in the literature, it defined metrics to measure the patterns of expenses settled by the Executive Branch and applied them to the municipalities of Ceará using data reported by the municipalities to the State Audit Court. Using the boxplot technique, the municipalities that presented abnormal expenses in the period from March to July 2020 were mapped according to their population, used as a proxy for size. The application of the proposed method allowed to identify the municipalities that demand more attention. The research contributes with academic and professional aspects. Academically, as it adds new knowledge, represented by a combination of methods for solving a problem. Professionally, as it provides public agents with a methodology that allows the detection of red flags without applying machine learning techniques.

ÁREA TEMÁTICA: Setor Público

CLASSIFICAÇÃO JEL: E62, G28, H72.

1. Introdução

Nos últimos dias do ano de 2019, na China, mais especificamente na cidade de Wuhan, foram registrados os primeiros casos de infecção pulmonar causada por um vírus até então desconhecido. Com o exponencial crescimento no número de casos e óbitos, bem como rápida difusão territorial da doença, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que o evento constituía uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII), em 30 de janeiro de 2020¹. E, em meados de março de 2020, a OMS declarou a pandemia de Covid-19².

No Brasil, em 3 de fevereiro de 2020, o Ministério da Saúde (MS), por meio da Portaria nº. 188/2020, declarou Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN), o mais alto nível de alerta da Organização. No dia 6 de fevereiro de 2020, com objetivo de prover proteção à coletividade, estabelecendo as medidas para enfrentamento da Covid-19, foi sancionada a Lei nº. 13.979/2020. No entanto, o primeiro registro oficial no Brasil ocorreu em 26 de fevereiro de 2020³.

No estado do Ceará, os primeiros casos foram oficialmente confirmados em 15 de março de 2020⁴ e, em 16 de março de 2020, por meio do Decreto nº. 33.510, foi decretada situação de emergência em saúde. Em virtude do crescente número de casos no estado, em especial na capital, os Decretos Legislativos nºs. 543 e 544 reconheceram estado de calamidade pública para o estado do Ceará e para a cidade de Fortaleza, sendo a calamidade do estado do Ceará reconhecida à nível federal em 28 de abril, oficializada por meio do Decreto nº. 33.555. Desde o início da pandemia até o final do mês de julho de 2020, 174 dos 184 municípios do estado do Ceará tiveram o estado de calamidade pública reconhecidos pela Assembleia Legislativa, o que representa quase 95% dos municípios cearenses⁵.

Importa destacar que, de acordo com o art. 65 da Lei Complementar nº. 101/2000 (Lei de Responsabilidade Fiscal – LRF), na ocorrência de calamidade pública reconhecida pelas Assembleias Legislativas, na hipótese dos Estados e Municípios, enquanto perdurar a situação, ocorre a flexibilização de algumas regras da LRF, dentre elas destacam-se (1) a suspensão da contagem dos prazos e as disposições estabelecidas nos arts. 23 e 70 (despesa total com pessoal) e 31 (dívida consolidada); e (2) a dispensa ao atingimento dos resultados fiscais e a limitação de empenho prevista no art. 9 (metas de resultado primário ou nominal).

Saliente-se ainda que a Lei nº. 8.666/93 (Lei de Licitações), no inciso IV de seu art. 24, estabelece que nos casos calamidade pública, a licitação de bens necessários ao atendimento da situação calamitosa e para as parcelas de obras e serviços que possam ser concluídas no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias consecutivos e ininterruptos é dispensável a licitação. Saliente-se ainda que a, já citada, Lei nº. 13.979/2020 trouxe inovações importantes quanto à sistemática dos processos de licitações e formas de contratação pública.

Assim, o que deve gerar atenção, além do eventual descumprimento da meta fiscal, é a possibilidade da dispensa de procedimento licitatório para a aquisição de bens necessários ao atendimento da situação emergencial ou calamitosa, bem como a contratação de empresa que esteja com inidoneidade declarada ou com o direito de participar de licitação ou contratar com o Poder Público suspenso, quando se tratar da única fornecedora do bem ou serviço a ser adquirido. Referida dispensa pode facilitar irregularidades e culminar em fraude, superfaturamento, corrupção e/ou desvio de verba pública. De acordo com o ministro da Controladoria-Geral da União (CGU), Wagner Rosário, o governo tem enfrentado diversas tentativas de fraude nesse período pandêmico⁶.

¹ OPAS Brasil (2020). Disponível [aqui](#).

² UNA-SUS (2020). Disponível [aqui](#).

³ SUS (2020). Disponível [aqui](#).

⁴ Sesa (2020). Disponível [aqui](#).

⁵ Diário do Nordeste (2020). Disponível [aqui](#).

⁶ Agência Senado Controladoria Geral da União (CGU). Disponível [aqui](#).

Assim, esta pesquisa tem o objetivo de propor um método de detecção de *red flags* para auxiliar na identificação de indícios de fraude nos gastos públicos municipais com o uso de dados, bem como aplicá-lo.

2. Pesquisas relacionadas

Durante períodos de exceção, como o vivido em razão da pandemia de Covid-19, é natural que muitos entes decretam estado de calamidade pública, o que flexibiliza o atendimento a algumas regras da LRF. Em supracitado período, foi aprovada ainda a Lei n°. 13.979/2020, a qual dispõe sobre as medidas para enfrentamento da ESPII decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019 e trouxe inovações importantes quanto à sistemática dos processos de licitações e formas de contratação pública.

Assim, a combinação do previsto nas LRF e na Lei n°. 13.979/2020 podem dar margem para aquisições e contratações fraudulentas, uma vez que, conforme Andvig (2008), estados de exceção (como é o caso da pandemia de Covid-19) podem potencializar fraudes.

Urge destacar que as despesas públicas comumente são vulneráveis à corrupção e à fraude. Niessen, Paciello and Fernandez (2020), citando o Escritório das Nações Unidas em Drogas e Crimes, indicam que o preço do público contratos é aumentado entre 10% e 25% por causa da corrupção globalmente. O Brasil, em 2019, obteve uma pontuação de 35 (de 100) no Índice de Percepção de Corrupção da Transparência Internacional Organização, o que o coloca em 106° em uma lista com 198 países⁷.

Destaque-se que a corrupção é definida como o abuso de um poder confiado a um indivíduo para obtenção de um retorno privado (Rose-Akerman & Palifka, 2016). Sua relação com outros fatores (econômicos, sociais, culturais etc.) vem sendo estudada pelos cientistas na busca de estabelecer suas causas ou principais determinantes, bem como identificar as consequências dos atos corruptos para a sociedade.

Nas últimas décadas, o número de trabalhos empíricos analisando a relação entre a corrupção e os mais diversos fatores cresceu, conforme explicitado em Lima (2017), as ênfases dadas pelos pesquisadores às pesquisas diferem, conforme sumarizado a seguir.

As pesquisas de Mauro (1995), Tanzi and Davoodi (1998), Silva, Freitas e Bandeira (2001) e Gupta, Davoodi and Alonso-Terme (2002) basearam-se em medidas de percepção sobre a corrupção, em virtude da dificuldade de mensuração da corrupção. Conforme sumarizado na Tabela 1.

Tabela 1

Sumarização de pesquisas que analisaram a corrupção sob a perspectiva da percepção

Autoria	Resumo
Mauro (1995)	Analisa um conjunto de dados que consiste em índices subjetivos de corrupção, a quantidade de burocracia, a eficiência do sistema judicial e várias categorias de estabilidade política para uma série de países. Concluíram que a corrupção diminui o investimento, diminuindo assim o crescimento econômico.
Tanzi e Davoodi (1998)	Os pesquisadores, analisando um escândalo de corrupção ocorrido em Milão, observaram que após referido escândalo houve queda substancial nos gastos de capital. Assim, o artigo considera que não poderia ter sido uma coincidência, salientando que a corrupção está frequentemente ligada a projetos de capital.
Silva <i>et al.</i> (2001)	O artigo tem como objetivo analisar e medir a influência da corrupção na riqueza de um país. Admite-se implicitamente que o grau de desenvolvimento institucional tem um efeito adverso sobre a produtividade dos fatores de produção, o que implica em redução da renda per capita. Traz algumas evidências empíricas sobre os efeitos da corrupção na produtividade dos fatores, em uma amostra de 81 países estudados em 1998. A principal conclusão é que a corrupção afeta negativamente a riqueza de uma nação ao reduzir a produtividade do capital, ou sua eficácia.
Gupta <i>et al.</i> (2002)	A pesquisa discute vários canais pelos quais a corrupção pode afetar a desigualdade de renda e pobreza, concluindo que as políticas que reduzem a corrupção provavelmente reduzirão a desigualdade de renda e a pobreza.

⁷ Transparency International (2020). Disponível [aqui](#).

Já, mais recentemente, as pesquisas de Auriol, Straub and Flochel (2016), Wang (2016), López-Iturriaga and Sanz (2018) e Niessen *et al.* (2020), com o uso de grandes volume de dados acerca das aquisições e/ou contratações públicas, desenvolveram soluções para detecção de indícios de fraudes a partir dos padrões identificados. Conforme sumarizado na Tabela 2.

Tabela 2

Sumarização de pesquisas que analisaram indícios de corrupção com dados

Autoria	Resumo
Auriol <i>et al.</i> (2016)	A pesquisa apresenta evidências de fraude na contratação pública e seu impacto no desenvolvimento da economia, usando o método de predição linear. Utilizando os dados de quase 50.000 contratos públicos operações no Paraguai, de 2004 a 2007, os pesquisadores descobriram que no Paraguai a principal canal de corrupção é o uso de uma compra excepcional mecanismo, que é liberado das restrições exigido pelos outros mecanismos.
Wang (2016)	Empregando a teoria dos jogos, aprendizado de máquina e métodos estatísticos, detectou possíveis casos de fraude em contratos públicos.
López-Iturriaga and Sanz (2018)	Os pesquisadores, usando redes neurais, desenvolveram um sistema de alerta precoce de corrupção pública. A previsão do modelo desenvolvido é baseada na economia fatores e foi usado um banco de dados com os mais proeminentes casos de corrupção na Espanha.
Niessen <i>et al.</i> (2020)	Usando uma base de dados abertas, esta pesquisa desenvolveu modelo de aprendizagem não supervisionado para detecção de anomalias baseada no algoritmo de Isolation Forest. Os resultados mostram uma precisão de mais de 90% na detecção dessas anomalias conhecidas logo como na fase de licitação e na fase de contratação, indicando assim uma abordagem viável para detecção de anomalias nos contratos públicos.

Para auxiliar a identificação de possíveis fraudes, Magro e Cunha (2017) enfatizam a importância de a auditoria fazer uso de *red flags* (bandeira vermelha, em livre tradução). Para Dycus (2001), *red flags* representam faróis, fornecendo um aviso ao auditor, os quais são indicadores de que as circunstâncias ou condições presentes oferecem a oportunidade de cometer uma fraude.

Uma vez que uma bandeira vermelha é reconhecida, o auditor tem a responsabilidade de planejar procedimentos de auditoria para determinar se uma fraude foi cometida e, em caso afirmativo, em que extensão. Se um auditor não for treinado para reconhecer os sinais de alerta ou deixar de assumir a responsabilidade de auditar por fraude, a atividade fraudulenta provavelmente não será detectada (Dycus, 2001).

Conforme afirmado por Souza e Louzada (2020), algumas técnicas de detecção de indícios de fraude utilizam mecanismos elaborados e outras utilizam meios de detecção sem o emprego de sistemas computacionais baseados em aprendizado de máquina. Como exemplos de pesquisas realizadas com técnicas de identificação de *red flag* sem apoio de sistemas computacionais de aprendizado de máquina, podem ser citados Cuiabano, Leandro, Oliveira e Bogossian (2014), Tóth, Fazekas, Czibikn and Tóth (2014) e Tas (2017), os quais estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3

Sumarização de pesquisas que propuseram identificação de *red flags* sem aprendizado de máquina

Autoria	Resumo
Cuiabano <i>et al.</i> (2014)	A pesquisa objetiva revisar a literatura corrente sobre aplicação de filtros quantitativos (<i>screening</i>) para identificação de cartéis. Para a mensuram do risco de colusão de mercados ou setores específicos e detectam comportamentos suspeitos dos agentes desses mercados.
Tóth <i>et al.</i> (2014)	A pesquisa analisou e organizou o conluio sob a perspectiva de três dimensões, sendo elas: (1) meios de distorção da concorrência ou técnicas elementares de colusão; 2) partilha da renda; e 3) estrutura de mercado resultante.
Tas (2017)	A pesquisa, a partir de premissa de que não exige o histórico completo da licitação ou informações prévias detalhadas sobre a existência de atuação pretérita conjunta entre os potenciais licitantes, propõe uma metodologia para detecção de conluio. Partindo de argumentos teóricos sobre o comportamento na manipulação de ofertas, argumenta que o coeficiente do número de licitantes específico do leilão pode ser usado como uma medida de conluio, desenvolvendo equações para fazer o cálculo desse coeficiente.

Assim, diante de todo o apresentado, destaca-se o uso de *red flags*, que é um conceito bem difundido no âmbito das atividades de auditorias. Entende-se que a sua utilização pode auxiliar nas atividades dos auditores, bem como auxiliar no controle social dos gastos públicos.

Oliveira, De Caroli, Amaral e Vilca (2014), ao pesquisarem identificação de anomalias em registros contábeis, afirmam que as maiores anomalias não tenham sido identificadas pelo processo usual de amostragem estatística, salientando a relevância de técnicas de detecção de anomalias em grandes bases de dados.

A mineração de dados, de acordo com Fayyad, Piatetsky-Shapiro and Smyth (1996), é uma etapa do processo de *Knowledge Discovery in Database* (KDD), que consiste na aplicação da análise de dados e algoritmos de descoberta, os quais produzem uma enumeração particular de padrões ou modelos que visam o conhecimento sobre os dados. A Figura 1 evidencia uma visão geral das etapas que compõem o processo de KDD.

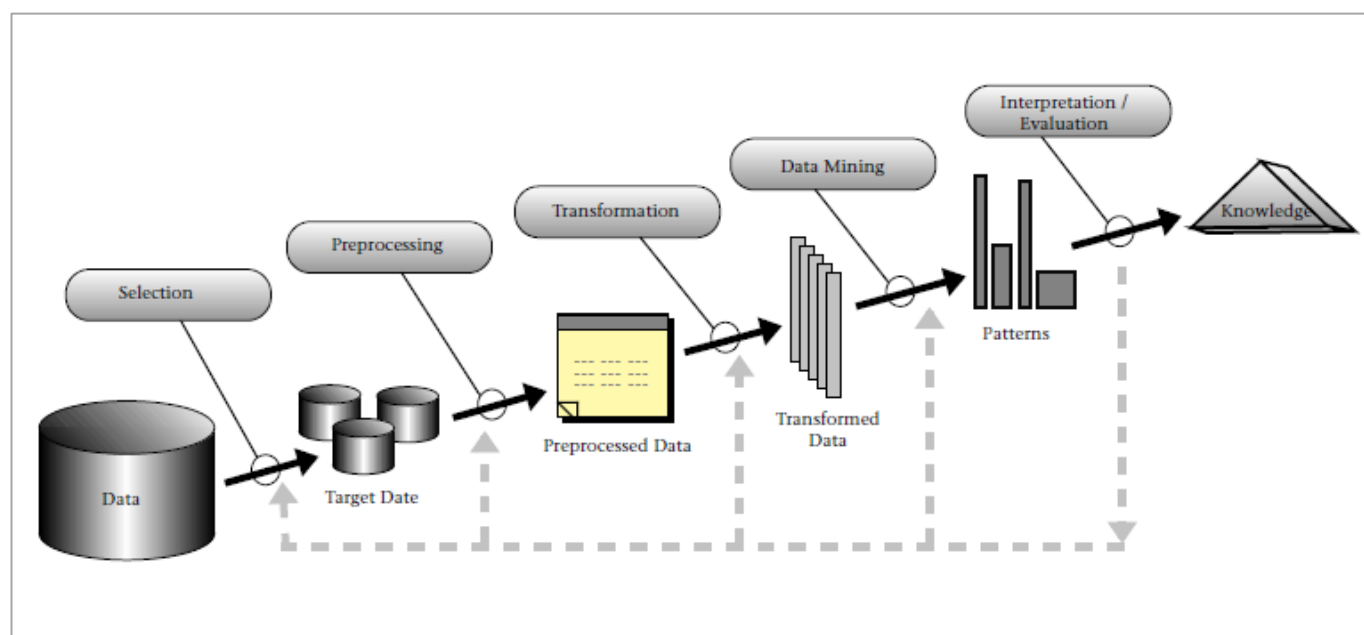


Figura 1: Etapas do processo KDD

Fonte: Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, 17(3), p. 41.

Existem diversas formas de se analisar dados, então entender o objetivo que se espera alcançar com a mineração de dados é essencial. Assim, considerando o objetivo de auxiliar analistas e auditores na detecção de indícios de erros, fraudes ou anomalias nos gastos municipais, utilizará *boxplot* para detectar *red flags/outliers* nesta pesquisa, conforme evidenciado a seguir.

3. Metodologia

3.1 Técnica

Han, Pei and Kamber (2011), ao descreverem uma forma de análise de dados, orientam à suposição de que os dados para determinado atributo sejam classificados em ordem numérica crescente e que certos pontos de dados possam ser escolhidos de modo a dividir a distribuição de dados em conjuntos consecutivos de tamanhos iguais, conforme Figura 2.

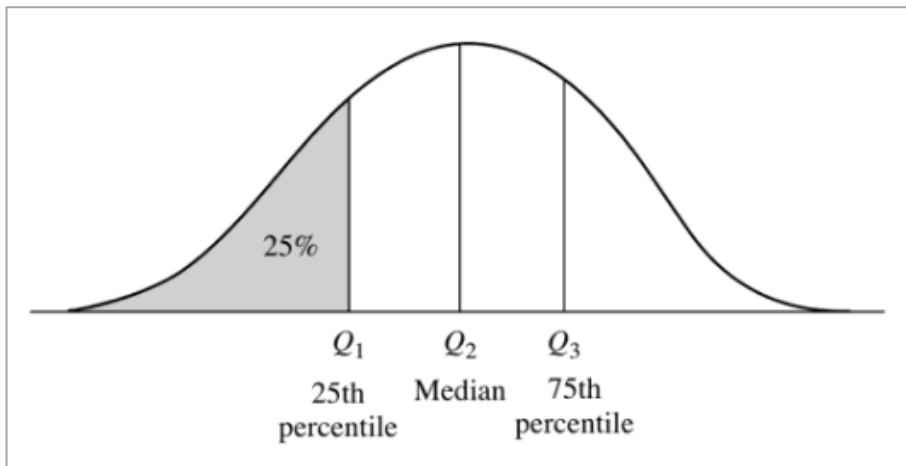


Figura 2: Representação da divisão de uma amostra em quartis

Fonte: Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). Data mining: concepts and techniques. Elsevier, p. 48.

Cada um desses pontos de divisão destacados na Figura 2 é denominado quartil. Os quartis, conforme evidenciado na Figura 2, fornecem uma indicação do centro, extensão e forma da distribuição. A partir da divisão de uma amostra em quartis, cinco atributos podem ser analisados, são eles:

- Menor valor (Min);
- Quartil inferior (Q1);
- Mediana (Q2);
- Quartil superior (Q3); e
- Maior valor (Max).

Saliente-se ainda um importante indicador de análise: o intervalo interquartil, o qual é reconhecido pela sigla IQR. O IQR é bastante utilizado na identificação de *outliers* e é definido como

$$IQR = Q3 - Q1 \quad (1)$$

Considera-se anomalia, os pontos situados além de $1,5 \cdot IQR$ inferior a Q1 ou $1,5 \cdot IQR$ superior a Q3 (Hawkins, 1980; Han *at al.*, 2011). Uma popular forma de visualizar a distribuição de uma amostra – e, partir de então, identificar *red flags/outliers* – é a utilização de *boxplots*, conforme evidenciado na Figura 3.

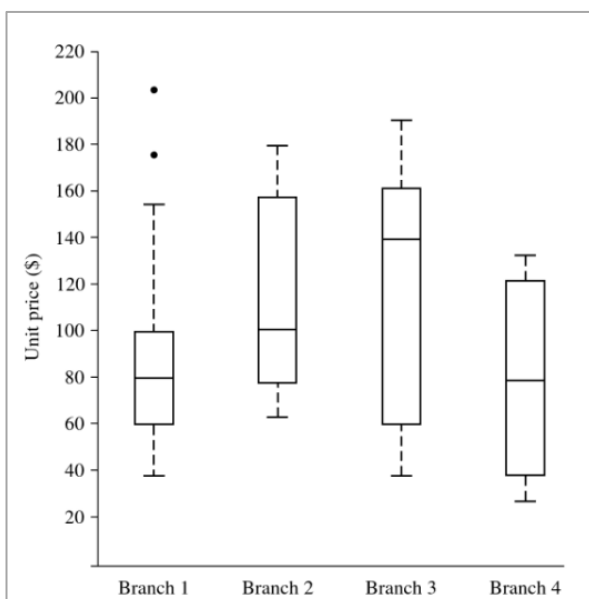


Figura 3: Representação de *boxplots*

Fonte: Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). Data mining: concepts and techniques. Elsevier, p. 51.

Utilizando o exemplo de Han *et al.* (2011), evidenciado na Figura 3, percebe-se que o preço unitário na Filial 1 (*Branch 1*) varia entre, aproximadamente, 40 e 200, sendo a mediana (Q2), Q1 e Q3, 80, 60 e 100 respectivamente. Assim, o IQR é 40 (Q3-Q1). Considerando o anteriormente descrito, podem ser consideradas anomalias valores abaixo de zero ($Q1 - 1,5 \cdot IQR$) e superior a 160 ($Q3 + 1,5 \cdot IQR$), que, na Figura 3, estão representados pelos pontos após o *whisher* superior.

3.2 Dados

Para realização das análises, foram utilizados dados oriundos do Sistema de Informações Municipais (SIM) do Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE-CE), o qual, de acordo com o site do TCE-CE⁸, consiste, essencialmente, na definição de um padrão e orientações referentes à implantação, padronização, configuração, modulação, formatação dos dados, para que as informações das prestações de contas mensais das administrações municipais sejam registradas em meio informatizado e enviadas ao TCE-CE.

Para tanto, foram reunidas as despesas liquidadas realizadas entre os meses de março e julho entre os anos de 2017 e 2020. O estágio de liquidação da despesa foi eleito como o mais adequado por, de acordo com o Art. 63 da Lei n.º. 4.320/1964, consistir na verificação do direito adquirido pelo credor. Por sua vez, o período selecionado se deu em razão de março ser o início do período pandêmico, conforme descrito na introdução; julho em razão da periodicidade de disponibilização de dados dos municípios ao TCE-CE; e 2017 a 2020 por se referirem ao mesmo ciclo de gestão municipal.

Saliente-se que foram analisadas as despesas informadas de qualquer natureza, com exceção daquelas relacionadas à Câmara Municipal, por estas representarem outra esfera de Poder e, por sua natureza, não atuar em ações diretamente relacionadas ao combate à pandemia. Por fim, destaque-se que, além dos dados oriundos do TCE-CE, foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

3.3 Método proposto

Deste modo, no sentido de identificar *red flags* relacionadas às despesas liquidadas, foi proposto um processo de averiguação auxiliar, conforme representado na Figura 4.

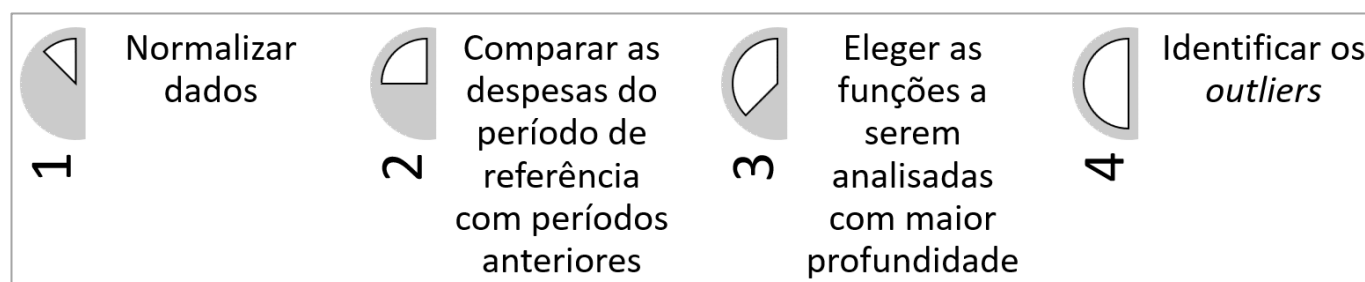


Figura 4: Estágios para identificação de *red flags*.

O estágio 1 prevê a normalização dos dados analisados. Na aplicação aqui proposta, referida normalização será feita em função da população municipal estimada pelo IBGE, como forma de neutralizar possíveis vieses decorrentes do porte municipal no valor das despesas liquidadas pelos municípios.

Em relação ao estágio 2, na aplicação, a comparação do período analisado (março a julho) de 2020 com o mesmo período dos anos anteriores da gestão municipal, será segregada em razão das despesas liquidadas por função, segundo a classificação funcional da Portaria n.º. 42/1999, sendo levado em consideração a atualização pelo Índice de Preços para o Consumidor Amplo (IPCA). Elegeu-se fazer

⁸ TCE-CE (2020). Disponível [aqui](#).

referida segregação, pois as diferentes funções de despesa atendem a perfis diferentes de demandas, as quais apresentam padrões e ordenadores distintos.

A partir da comparação anteriormente descrita, de acordo com o previsto no estágio 3 da Figura 4, devem ser eleitas para análises com maior grau de precisão as funções que evidenciem crescimento na liquidação das despesas acima do IPCA ou as funções que concentrem grande volume de recursos liquidados.

Por fim, para identificação e análise de *outliers*, conforme estágio 4 da Figura 4, uma sequência de análises foi proposta, é ela: (1) análise visual da relação entre as despesas liquidadas na função e a população; (2) aplicação da regressão linear para aferição estatística da relação entre as despesas liquidadas na função e a população; (3) identificação dos municípios que apresentam gasto/habitante como *outlier*; (4) análise das subfunções que apresentaram maior variação de 2019 para 2020 dos municípios com gasto/habitante como *outlier*.

Em relação à análise visual da relação entre as despesas liquidadas na função e a população, esta será realizada por meio de Gráfico de Dispersão. Saliente-se que, para melhor visualização dos dados ambos os eixos – despesas liquidadas e população – serão apresentados em escala logarítmica.

Para aferição da significância da relação entre as despesas liquidadas na função e a população, serão apuradas, com auxílio de linguagem de programação Python, conforme Apêndice 1, as regressões lineares, as quais têm como variável independente o número de habitante e como variável dependente o valor liquidado. A escolha do número de habitantes como determinante se deu por estar sendo considerado todo o universo de despesas municipais, as quais possuem diversas especificidades.

Com a verificação da relação existente entre as variáveis analisadas nas funções eleitas, serão, finalmente, elaborados *boxplots* para aferição de *outliers* em relação à variável “logaritmo das despesas liquidadas dividido pelo logaritmo da população”, seguindo as regras apontadas no anteriormente. Sendo considerado *outliers* os municípios que apresentarem-se com o valor da variável analisada com valores acima de $1,5 * IQR$, seguindo o estabelecido por Hawkins (1980) e referenciado por Han *et al.* (2011). Por fim, propõe-se que sejam analisadas as variações das subfunções nas funções dos municípios que apresentaram-se como *outliers* na análise dos *boxplots*.

4. Aplicação do método

Tendo sido realizado os estágios 1, 2 e 3 anteriormente descritos, elegeu-se algumas funções para análises mais aprofundadas, seja pelo crescimento no volume de recursos liquidados, seja pela alta representatividade de referidas despesas no valor total liquidado, foram elas: Administração (função 04), Assistência Social (função 08), Saúde (função 10), Trabalho (função 11), Educação (função 12), Urbanismo (função 15), Gestão Ambiental (função 18), Comunicações (função 24), Energia (função 25) e Transporte (função 26).

Assim, serão observadas as despesas liquidadas relativamente ao número de habitantes⁹ com o objetivo de identificar *outliers*, os quais são importantes norteadores na detecção indícios de fraude e/ou corrupção. Considerando o objetivo de analisar as despesas municipais neste período pandêmico, bem como a limitação de páginas para escrita das análises, nas subseções a seguir, serão aplicados o estágio 4 do método proposto às despesas liquidadas de março a julho de 2020 em 3¹⁰ das 10 funções eleitas no estágio 3, são elas: Assistência Social (função 08), Saúde (função 10) e Gestão Ambiental (18).

4.1 Aplicação do método - Assistência Social

Com vistas a analisar com mais profundidade as despesas relacionadas à função Assistência Social, considera-se importante observar o Diagrama de Dispersão das variáveis valor liquidado na função Assistência Social e população estimada evidenciados em escala logarítmica, conforme Figura 5.

⁹ Eleita como *proxy* para porte dos municípios

¹⁰ Escolhidas pela robustez do incremento nas despesas no período analisado em 2020.

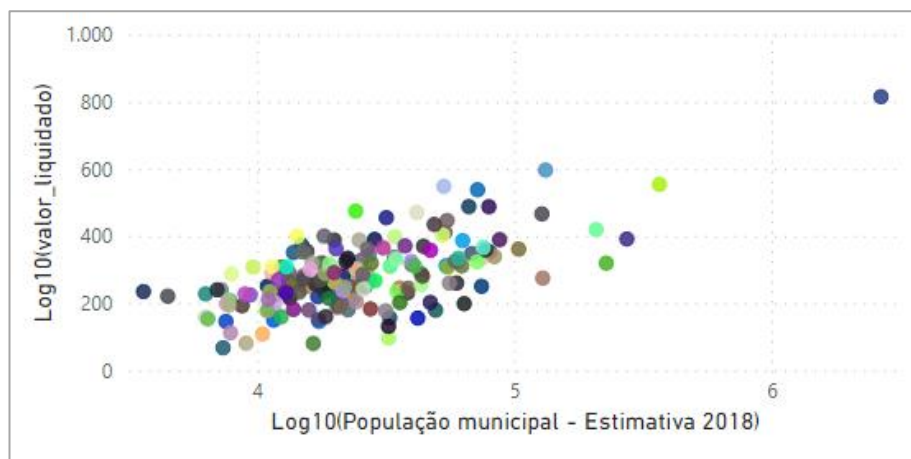


Figura 5: Dispersão do logaritmo das despesas liquidadas na função Assistência Social de março a julho do ano de 2020 e do logaritmo da população estimada de 2018

A Figura 5 evidencia que as despesas liquidadas na função Assistência Social de março a julho de 2020 parecem correlacionar-se com as populações municipais. Assim, para descrever o relacionamento entre as variáveis, foi calculada a regressão linear simples¹¹ tendo como variável independente o valor liquidado de março a julho de 2020 e como variável dependente a população estimada, a qual evidenciou os resultados evidenciados na Tabela 4.

Tabela 4

Resultado da regressão linear simples das variáveis valor liquidado¹ na função Assistência Social e população estimada

Parâmetro	Valor
<i>Slope</i>	0,47
<i>Intercept</i>	1,63
<i>r</i>	0,25
<i>p-value</i>	1,79 ^{e-209}

¹De março a julho de 2020.

Os resultados evidenciados na Tabela 4 confirmam a correlação existente entre as variáveis, a qual, embora baixa, revela a significância estatística da relação, sendo referida relação descrita pela equação abaixo evidenciada:

$$Y = 1,63 + 0,47x \quad (2)$$

Onde: Y = Despesa liquidada na função Assistência Social; X = População estimada.

Assim, com o objetivo de identificar *outliers*, foram analisados *boxplots* das despesas liquidadas na função Assistência Social, conforme Figura 6.

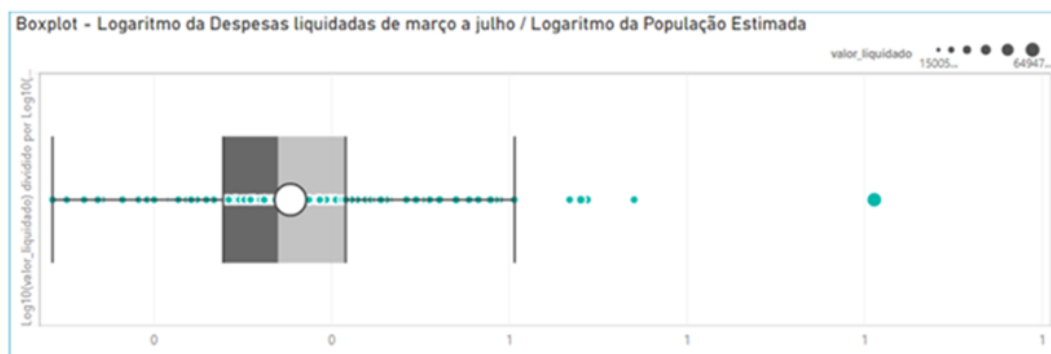


Figura 6: *Boxplot* da razão entre os logaritmos de despesas liquidadas na função Assistência Social e população para todos os municípios do estado do Ceará.

¹¹ Utilizando a linguagem de programação Python, conforme Apêndice 1.

Os municípios (representados pelos pontos) que aparecem após os *whisker* (bigodes), conforme já explicitado, são dos que merecem maior atenção, uma vez que estão no quartil superior, especialmente os mais à direita da Figura 6, uma vez que representaram maior gasto por habitante na função analisada. Assim, o resultado dos *boxplots*, conforme Figura 6, evidencia que 5 dos 184 municípios como *outliers*, são eles: Fortaleza, Crato, Caucaia, Eusébio e Cascavel, nesta ordem. Dos 5 municípios, 4 tiveram seus estados de calamidade pública reconhecidos pela Assembleia Legislativa do Estado do Ceará.

Para uma análise mais aprofundada dos municípios acima elencados, recomenda-se que seja feita uma análise da variação dos valores liquidados entre os anos de 2019 e 2020 na função Assistência Social por subfunção em referidos municípios. A seguir, a título ilustrativo, será apresentada, na Figuras 7, supracitada análise para o município de Fortaleza.



Figura 7: Gráfico de cascata das despesas liquidadas de março a julho dos anos de 2019 e 2020 na função Assistência Social por subfunção – Município de Fortaleza

A análise da Figura 7, que evidencia a variação de 2019 a 2020 das despesas liquidadas pelo poder executivo do município de Fortaleza na função Assistência Social por subfunção, permite constatar que as maiores variações em valores absolutos estão associadas a acréscimos na subfunção Assistência Comunitária (244) seguida da subfunção Assistência à Criança e ao Adolescente (243). No entanto, em valores relativos, importa destacar o acréscimo de mais de 84% das despesas liquidadas na subfunção Assistência Comunitária (244) e o decréscimo de mais de 48% na subfunção Alimentação e Nutrição (306).

4.2 Aplicação do método - Saúde

Para analisar com mais profundidade as despesas relacionadas à função Saúde, seguindo as ações propostas, considera-se importante observar o Diagrama de Dispersão das variáveis valor liquidado em referida função e população estimada evidenciados em escala logarítmica, conforme Figura 8.

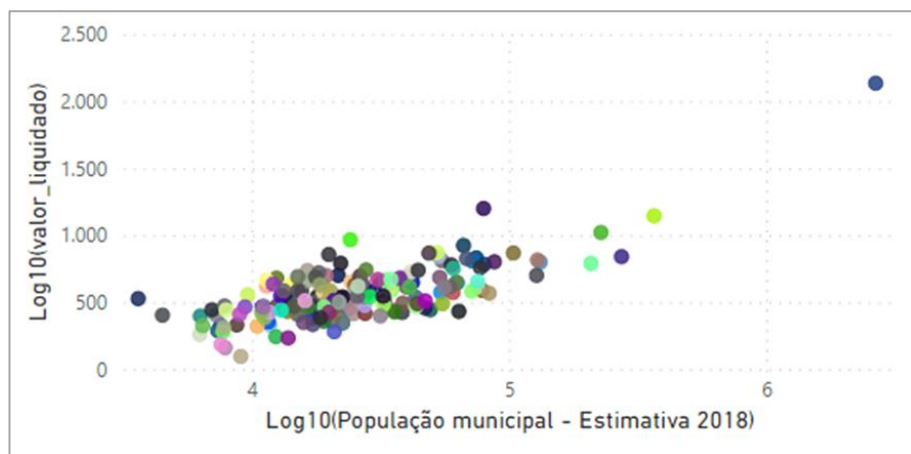


Figura 8: Dispersão do logaritmo das despesas liquidadas na função Saúde de março a julho do ano de 2020 e do logaritmo da população estimada de 2018

A Figura 8 evidencia que as despesas liquidadas na função Saúde de março a julho de 2020 parecem correlacionar-se com as populações municipais. Assim, para descrever o relacionamento entre as variáveis, foi calculada a regressão linear simples¹² tendo como variável independente o valor liquidado de março a julho de 2020 e como variável dependente a população estimada, a qual evidenciou os resultados evidenciados na Tabela 5.

Tabela 5

Resultado da regressão linear simples das variáveis valor liquidado¹ na função Saúde e população estimada

Parâmetro	Valor
<i>Slope</i>	0,50
<i>Intercept</i>	2,02
<i>r</i>	0,25
<i>p-value</i>	0,00

¹De março a julho de 2020.

Os resultados evidenciados na Tabela 5 confirmam a correlação existente entre as variáveis, a qual, embora baixa, revela a significância estatística da relação, sendo referida relação descrita pela equação abaixo evidenciada:

$$Y = 2,02 + 0,5x \quad (3)$$

Onde: Y = Despesa liquidada na função Saúde; X = População estimada.

Assim, com o objetivo de identificar *outliers*, foram analisados *boxplots* das despesas liquidadas na função Saúde, conforme Figura 9.

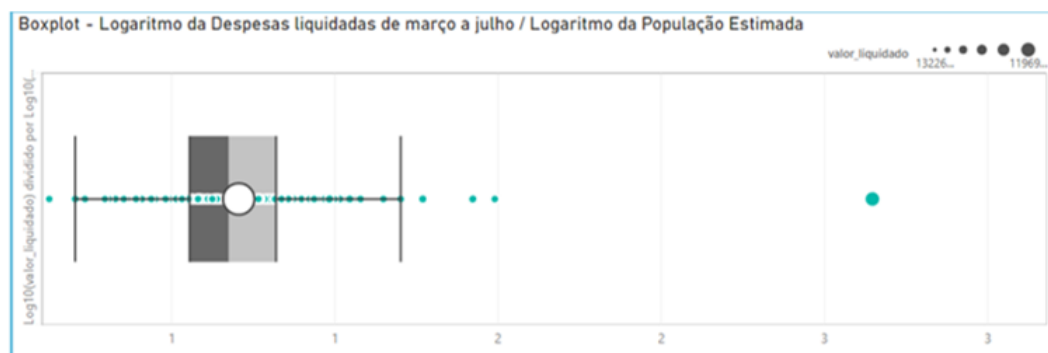


Figura 9: *Boxplot* da razão entre os logaritmos de despesas liquidadas na função Saúde e população para todos os municípios do estado do Ceará.

¹² Utilizando a linguagem de programação Python, conforme Apêndice 1.

O resultado do *boxplot*, conforme Figura 9, evidenciam que 4 dos 184 municípios como outliers, são eles: Fortaleza, Quixeramobim, Caucaia e Maracanaú, nesta ordem. Dos 4 municípios, 3 tiveram seus estados de calamidade pública reconhecidos pela Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. Dos 4 municípios, 3 tiveram seus estados de calamidade pública reconhecidos pela Assembleia Legislativa do Estado do Ceará.

Para uma análise mais aprofundada dos municípios acima elencados, recomenda-se que seja feita uma análise da variação dos valores liquidados entre os anos de 2019 e 2020 na função Saúde por subfunção em referidos municípios. A seguir, a título ilustrativo, será apresentada, na Figuras 10, supracitada análise para o município de Quixeramobim.



Figura 10: Gráfico de cascata das despesas liquidadas de março a julho dos anos de 2019 e 2020 na função Saúde por subfunção – Município de Quixeramobim

A análise da Figura 10, que evidencia a variação de 2019 a 2020 das despesas liquidadas pelo poder executivo do município de Quixeramobim na função Saúde por subfunção, permite constatar que houve um acréscimo dos valores liquidados em 2020 em comparação à 2019. Em valores absolutos cabe destacar as maiores variações foram acréscimos nas subfunções Atenção Básica (301) e Assistência hospitalar e ambulatorial (302). Em termos relativos, destaque-se um aumento de 185,2% na subfunção Vigilância Epidemiológica (305) e de 24,1% na subfunção Atenção Básica (301).

4.3 Aplicação do método – Gestão Ambiental

Para analisar com mais profundidade as despesas relacionadas à função Gestão Ambiental, seguindo as ações propostas, considera-se importante observar o Diagrama de Dispersão das variáveis valor liquidado em referida função e população estimada evidenciados em escala logarítmica, conforme Figura 11.

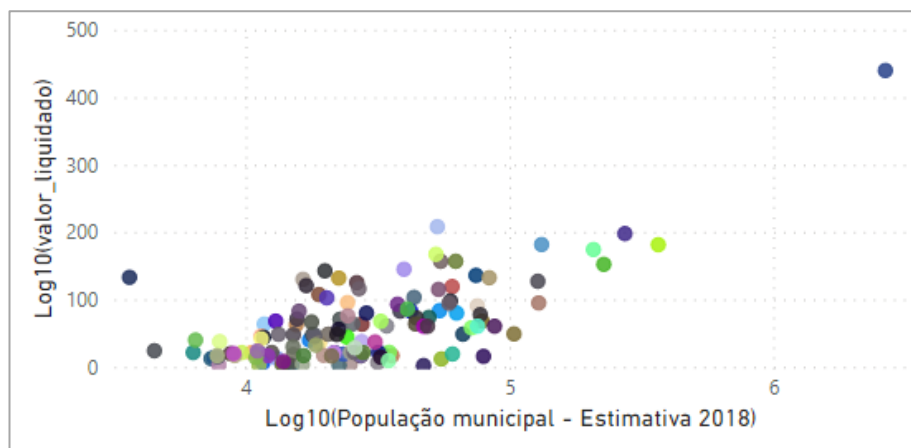


Figura 11: Dispersão do logaritmo das despesas liquidadas na função Gestão Ambiental de março a julho do ano de 2020 e do logaritmo da população estimada de 2018

A Figura 11 evidencia que as despesas liquidadas na função Gestão Ambiental de março a julho de 2020 parecem correlacionar-se com as populações municipais. Assim, para descrever o relacionamento entre as variáveis, foi calculada a regressão linear simples tendo como variável independente o valor liquidado de março a julho de 2020 e como variável dependente a população estimada, a qual evidenciou os resultados evidenciados na Tabela 6.

Tabela 6

Resultado da regressão linear simples das variáveis valor liquidado¹ na função Gestão Ambiental e população estimada

Parâmetro	Valor
<i>Slope</i>	0,39
<i>Intercept</i>	1,93
<i>r</i>	0,24
<i>p-value</i>	8,22 ^{e-31}

¹De março a julho de 2020.

Os resultados evidenciados na Tabela 6 confirmam a correlação existente entre as variáveis, a qual, embora baixa, revela a significância estatística da relação, sendo referida relação descrita pela equação abaixo evidenciada:

$$Y = 1,93 + 0,39x \quad (4)$$

Onde: $Y =$ Despesa liquidada na função Gestão Ambiental; $X =$ População estimada.

Assim, com o objetivo de identificar *outliers*, foram analisados *boxplots* das despesas liquidadas na função Gestão Ambiental, conforme Figura 12.

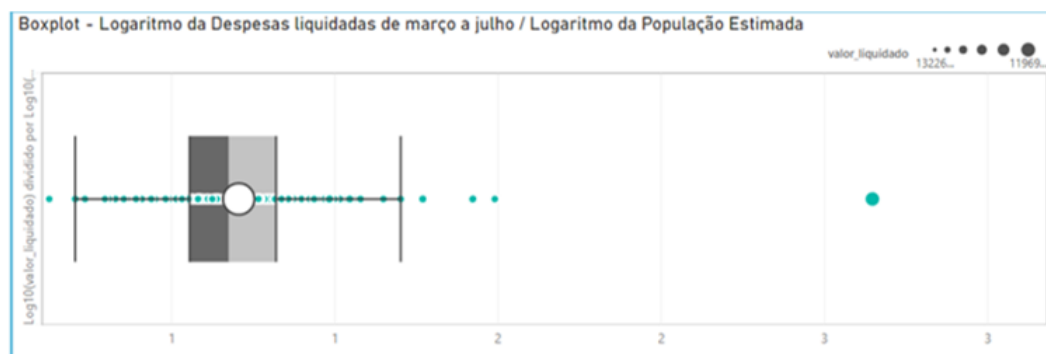


Figura 12: *Boxplot* da razão entre os logaritmos de despesas liquidadas na função Gestão Ambiental e população para todos os municípios do estado do Ceará.

Ao todo, 135 dos 184 municípios liquidaram despesas na função Gestão Ambiental. Assim, o resultado do *boxplot*, conforme Figura 12, evidencia que 4 dos 135 municípios como *outliers*, são eles: Fortaleza, Eusébio, Juazeiro do Norte e Crato, nesta ordem, tendo todos seus estados de calamidade pública reconhecidos pela Assembleia Legislativa do Estado do Ceará.

Para uma análise mais aprofundada dos municípios acima elencados, recomenda-se que seja feita uma análise da variação dos valores liquidados entre os anos de 2019 e 2020 na função Gestão Ambiental por subfunção em referidos municípios. A seguir, a título ilustrativo, será apresentada, na Figuras 13, supracitada análise para o município de Eusébio.

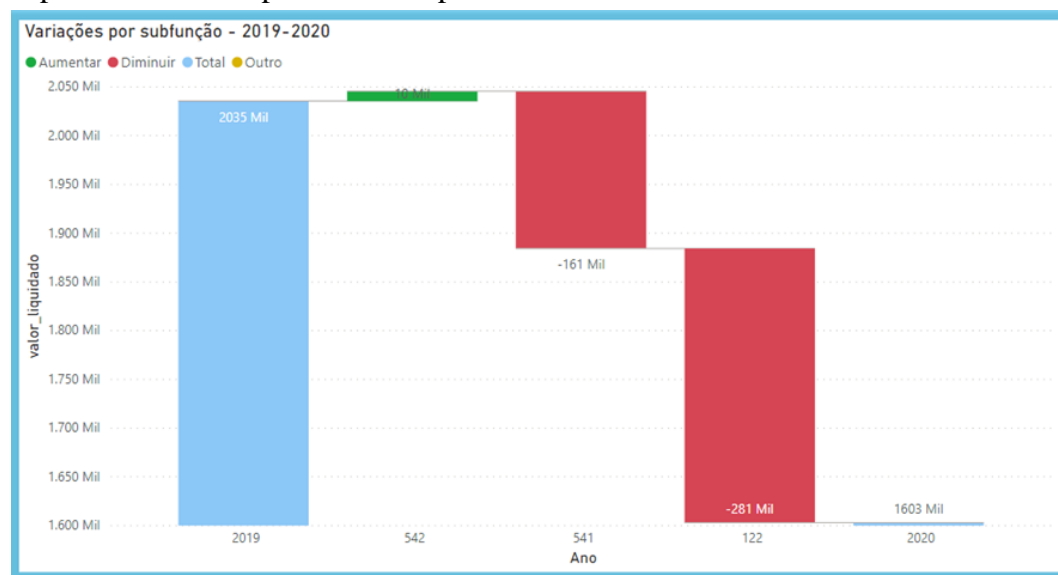


Figura 13: Gráfico de cascata das despesas liquidadas de março a julho dos anos de 2019 e 2020 na função Gestão Ambiental por subfunção – Município de Eusébio

A análise da Figura 13, que evidencia a variação de 2019 a 2020 das despesas liquidadas pelo poder executivo do município de Eusébio na função Gestão Ambiental por subfunção, permite constatar que houve um decréscimo dos valores liquidados em 2020 em comparação à 2019, ou seja, o período pandêmico não ocasionou elevação em referida função para o município analisado. De toda forma, importa analisar com cautela os gastos de referido município, uma vez que é o segundo município do estado a apresentar maior gasto por habitante na função Gestão Ambiental.

5. Considerações Finais

Em virtude da crise sanitária contemporânea ao período analisado, é plausível prever que despesas adicionais fossem necessárias para que o bem-estar social fosse mantido. Assim, esta pesquisa debruçou-se na análise de referidos gastos e, a partir de então, propôs um método em 4 estágios para aferição de *red flags*.

Pela aplicação do método até o estágio 3, constatou-se que 10 das 26 funções¹³ analisadas (as funções Legislação e Essencial à Justiça não foram analisadas) apresentaram crescimento ou guardavam grande volume de recursos e, por sua relevância, deveriam ser observadas com cautela. A título ilustrativo, foram seguidas ao estágio 4 do método o aprofundamento de 3 das 10 funções eleitas. Referido aprofundamento, permitiu identificar, por função, os municípios que demandam mais atenção, bem como quais as subfunções daqueles municípios devem ser examinadas com maior profundidade.

Assim, entende-se que a pesquisa alcançou seu objetivo ao propor e aplicar um método de detecção de *red flags* para auxiliar na identificação de indícios de fraude nos gastos públicos municipais. Esta pesquisa contribui com os campos acadêmico e profissional, pois ao primeiro acrescenta um conhecimento novo, representado uma combinação de métodos para solução de um problema; com relação ao segundo,

¹³ Funções previstas na Portaria n°. 42/1999.

disponibiliza aos agentes públicos, em especial aos analistas e auditores de Tribunais de Contas, uma metodologia que permite a detecção de *red flags* sem aplicação de técnicas de *machine learning*.

Por fim, importa destacar que o processo proposto é uma sugestão para utilização das técnicas descritas, podendo outros processos serem empregados com a aplicação da mesma combinação de técnicas, uma vez que identificação de indicadores de corrupção manifesta apenas direcionadores que auxiliam os auditores na realização de suas atividades e que a efetiva constatação de fraude decorre da apuração de evidências.

Referências

Andvig, J. C. (2008). Corruption and armed conflicts: some stirring around in the governance soup (No. 2008-3). *Economics Discussion Papers*.

Auriol, E., Straub, S., & Flochel, T. (2016). Public procurement and rent-seeking: the case of Paraguay. *World Development*, 77, 395-407.

Cuiabano, S. M., Leandro, T., Oliveira, G. A. S., & Bogossian, P. (2014). Filtrando cartéis: a contribuição da literatura econômica na identificação de comportamentos colusivos. *Revista de Defesa da Concorrência*, 2(2), 43-63.

Decreto legislativo nº543, de 3 de abril de 2020. Reconhece, para os fins do disposto no art. 65 da lei complementar federal nº101, de 4 de maio de 2000, a ocorrência de estado de calamidade pública, nos termos da solicitação do governador do estado, encaminhada por intermédio da mensagem nº8.502, de 1.º de abril de 2020. Fortaleza, CE. Recuperado em 24 setembro, 2020: <https://www.cge.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2020/04/Decreto-Legislativo-n%C2%BA-543-03-04-2020-Calamidade-P%C3%BAblica.pdf>

Decreto legislativo nº544, de 3 de abril de 2020. Reconhece, para os fins do disposto no art. 65 da lei complementar nº101, de 4 de maio de 2000, a ocorrência do estado de calamidade pública no município de fortaleza, nos termos da solicitação do sr. prefeito, encaminhada por intermédio da mensagem nº 001, de 30 de março de 2020. Fortaleza, CE. Recuperado em 24 setembro, 2020: <https://www.taxpratico.com.br/pagina/decreto-legislativo-n-544-de-3-de-abril-de-2020>

Decreto nº 33.555, de 28 de abril de 2020. Ratifica, para os fins que estabelece, a declaração da ocorrência de calamidade pública em todo o estado do ceará, em razão da pandemia da Covid-19, doença infecciosa viral – cobrade: 1.5.1.1.0, e dá outras providências. Fortaleza, CE. Recuperado em 24 setembro, 2020: <https://www.taxpratico.com.br/pagina/decreto-n-33555-de-28-de-abril-de-2020>

Decreto nº33.510, de 16 de março de 2020. Decreta situação de emergência em saúde e dispõe sobre medidas para enfrentamento e contenção da infecção humana pelo novo coronavírus. Fortaleza, CE. Recuperado em 24 setembro, 2020: <https://www.ceara.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/DECRETO-N%C2%BA33.510-de-16-de-mar%C3%A7o-de-2020.pdf>

Dycus, Dennis F. (2001). *Auditing for Fraud*. EUA: ACFE.

- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, 17(3), 37-37.
- Gupta, S., Davoodi, H., & Alonso-Terme, R. (2002). Does corruption affect income inequality and poverty?. *Economics of governance*, 3(1), 23-45.
- Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier.
- Hawkins, D. M. (1980). *Identification of outliers (Vol. 11)*. London: Chapman and Hall.
- Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000*. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Brasília, DF. Recuperado em 24 setembro, 2020: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm
- Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020*. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019. Brasília, DF. Recuperado em 24 setembro, 2020: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-13.979-de-6-de-fevereiro-de-2020-242078735>
- 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. Brasília, DF. Recuperado em 24 setembro, 2020: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm
- Lima, R. M. D. (2017). *Ineficiência técnica das prefeituras do estado da Paraíba na alocação de recursos para aquisição de combustíveis*. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Economia do Setor Público da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
- López-Iturriaga, F. J., & Sanz, I. P. (2018). Predicting public corruption with neural networks: An analysis of spanish provinces. *Social Indicators Research*, 140(3), 975-998.
- Magro, C. B. D., & Cunha, P. R. D. (2017). Red flags na detecção de fraudes em cooperativas de crédito: percepção dos auditores internos. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 19(65), 469-491.
- Mauro, P. (1995). Corruption and growth. *The quarterly journal of economics*, 110(3), 681-712.
- Niessen, M. E. K., Paciello, J. M., & Fernandez, J. I. P. (2020, April). Anomaly Detection in Public Procurements using the Open Contracting Data Standard. In *2020 Seventh International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)* (pp. 127-134). IEEE.
- Oliveira, C. D., De Caroli, A. A., de Souza Amaral, A., & Vilca, O. L. (2014). Detecção de fraudes, anomalias e erros em análise de dados contábeis: Um estudo com base em outliers. *Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos (REDECA)*, 1(1), 102-127.
- Portaria nº 188, de 3 de fevereiro de 2020*. Declara Emergência em Saúde Pública de importância Nacional (ESPIN) em decorrência da Infecção Humana pelo novo Coronavírus (2019-nCoV). Brasília, DF.

Recuperado em 24 setembro, 2020: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-188-de-3-de-fevereiro-de-2020-241408388>

Portaria no 42, de 14 de abril de 1999. Atualiza a discriminação da despesa por funções de que tratam o inciso I do § 1o do art. 2o e § 2o do art. 8o, ambos da Lei no 4.320, de 17 de março de 1964, estabelece os conceitos de função, subfunção, programa, projeto, atividade, operações especiais, e dá outras providências. Brasília, DF. Recuperado em 20 setembro, 2020: [http://www.orcamentofederal.gov.br/orcamentos-anuais/orcamento-1999/Portaria Ministerial 42 de 140499.pdf/](http://www.orcamentofederal.gov.br/orcamentos-anuais/orcamento-1999/Portaria_Ministerial_42_de_140499.pdf/)

Silva, M. F. G., Freitas, F. G., & Bandeira, A. C. (2001). *How Does Corruption Hurt Growth? Evidences about the Effects of Corruption on Factors Productivity and Per Capita Income.* São Paulo: Fundação Getúlio Vargas.

Souza, F. P. de, & Louzada, F. R. da (2020). Detectando conluio em compras governamentais: Uma abordagem utilizando Red Flags e a Teoria Dempster-Shafer. *Revista da CGU*, 12(21), 80-99.

Tanzi, V., & Davoodi, H. (1998). Corruption, public investment, and growth. In: Shibata, H., & Ihori, T. (Ed.). *The Welfare State, Public Investment, and Growth.* Tokyo: Springer Japan, 41-60.

Tas, B. K. O. (2017). *Collusion Detection in Public Procurement with Limited Information.* Available at SSRN 2929222.

Tóth, B., Fazekas, M., Czibik, Á., & Tóth, I. J. (2014). *Toolkit for detecting collusive bidding in public procurement.* With examples from Hungary.

Wang, Y. (2016). *Detecting Fraud in Public Procurement* (Doctoral dissertation, The Graduate School, Stony Brook University: Stony Brook, NY.).

APÊNDICE 1

Comandos em Python para regressão linear simples

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import stats

plt.rc('patch',linewidth=2)
plt.rc('axes', linewidth=2, labelpad=10)
plt.rc('xtick.minor', size=4, width=2)
plt.rc('xtick.major', size=8, width=2, pad=8)
plt.rc('ytick.minor', size=4, width=2)
plt.rc('ytick.major', size=8, width=2, pad=8)
# plt.rc('text', usetex=True)
plt.rc('font', serif='Times New Roman', size=4)

df_dados_gastos = pd.read_csv('/home/xx/Área de Trabalho/dados_tce/Dados_V7.csv')
df_dados_pop = pd.read_csv('/home/xx/Área de Trabalho/dados_tce/pop.csv')
df_pop_gastos = pd.merge(df_dados_gastos, df_dados_pop, left_on='município', right_on='municipio')
df_pop_gastos = df_pop_gastos.filter(['cod','ano','mês','função','subfunção','despesa',
'valor_liquidado','municipio','pop','partido'])
df_pop_gastos['valor_liquidado'] = df_pop_gastos['valor_liquidado'].str.replace(',','.').astype(float)
df_pop_gastos.to_csv('dados_integrados.csv',index=False)
df_scatter = df_pop_gastos
df_scatter = df_scatter.sort_values(by='pop', ascending=True)

#####FILTROS#####
XX
#####FILTROS#####

x = np.log10(df_scatter['pop'].to_numpy())
y = np.log10(df_scatter['valor_liquidado'].to_numpy())

slope, intercept, r_value, p_value, std_err = stats.linregress(x,y)
print('slope={}'.format(slope))
print('r={}'.format(r_value))
print('intercept={}'.format(intercept))
print('p_value={}'.format(p_value))

# plt.xscale('log')
# plt.yscale('log')

plt.xlabel('pop', fontsize=14)
plt.ylabel('gasto', fontsize=14)
plt.xticks(fontsize=14)
plt.yticks(fontsize=14)
plt.plot(x, y, 'ok', alpha=0.5)
plt.plot(x, intercept + slope*x, 'r', label='fitted line')
municipios = df_scatter['municipio'].to_numpy()
for i, txt in enumerate(municipios): plt.annotate(txt, (x[i], y[i]))
plt.show()
```