



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAIS



Jessy Cláudia Gonsalves Santos

**DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM PROCESSOS LICITATÓRIOS NA BAHIA: UMA
ABORDAGEM BASEADA EM MINERAÇÃO DE DADOS.**

São Cristovão - SE

2025

Jessy Cláudia Gonsalves Santos

**DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM PROCESSOS LICITATÓRIOS NA BAHIA: UMA
ABORDAGEM BASEADA EM MINERAÇÃO DE DADOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Estatística e Ciências Atuariais da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Atuariais.

Orientador: Prof. Dr. Cleber Martins Xavier

São Cristovão - SE

2025

Jessy Cláudia Gonsalves Santos

**DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM PROCESSOS LICITATÓRIOS NA BAHIA: UMA
ABORDAGEM BASEADA EM MINERAÇÃO DE DADOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Estatística e Ciências Atuariais da Universidade Federal de Sergipe, como um dos pré-requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Atuariais.

Aprovado em 08 de abril de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cleber Martins Xavier

Orientador

Prof. Dr. Allan Robert da Silva

1º Examinador

Prof. Dr. Carlos Raphael Araújo Daniel

2º Examinador

Dedico este trabalho àqueles que me apoiaram e inspiraram, e a Deus, por sempre me conduzir ao melhor caminho. À minha filha Laura, minha maior motivação, cujo amor e alegria impulsionam cada uma de minhas conquistas. Amo-te.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu força, sabedoria e perseverança ao longo desta jornada. Sem Ele, nada seria possível, e a Ele entrego todas as minhas conquistas e gratidão. A vida que me foi dada, com todas as suas dificuldades e aprendizados, é um presente pelo qual serei eternamente grata.

Ao meu irmão Jandson, por cuidar da Laura com tanto carinho, permitindo-me seguir adiante. À minha avó Analice, pelo amor incondicional e pelos ensinamentos que moldaram quem sou e a minha mãe Ana Cláudia, que, mesmo em meio às suas batalhas, sempre foi parte da minha história. Seu caminho e suas lutas me ensinaram mais do que as palavras poderiam expressar.

Aos professores, pela troca de conhecimentos e experiências valiosas. Em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Cleber Martins Xavier, pela dedicação e paciência, fundamentais para a construção deste trabalho. Aos amigos: Claudney, Jessica, Evellyn, Roney, Matheus, Romário e José Rodrigo, pelo incentivo e pela amizade que tornaram essa caminhada mais fácil. A todos que, de alguma forma, me inspiraram e incentivaram a seguir em frente, minha eterna gratidão.

“O coração do homem planeja o seu caminho, mas o Senhor lhe dirige os passos. “

“The heart of man plans his way, but the Lord directs his steps. “

(Provérbios 16:9)

RESUMO

Este trabalho investiga a aplicação de técnicas de mineração de dados na detecção de anomalias e irregularidades em processos licitatórios no estado da Bahia. O objetivo central é identificar padrões atípicos e indícios de possíveis fraudes, contribuindo para o fortalecimento da transparência e da eficiência na gestão de recursos públicos. Para isso, a pesquisa contextualiza os aspectos legais, com ênfase na Lei 14.133/2021, e analisa os processos operacionais das licitações, buscando identificar comportamentos incomuns que possam indicar fraudes. A metodologia empregada inclui a utilização de técnicas avançadas de análise de dados, como o Teste de Grubbs e o Local Outlier Factor (LOF), além de outros métodos estatísticos, permitindo a identificação de padrões suspeitos. Além disso, estudos correlatos e exemplos práticos são explorados para demonstrar a eficácia das abordagens adotadas. Durante a análise, foram identificados cinco processos licitatórios que se destacaram como anomalias, sugerindo a necessidade de uma investigação mais aprofundada sobre esses casos específicos. Os resultados esperados visam contribuir para o desenvolvimento de ferramentas eficazes de fiscalização e aprimoramento da gestão pública, possibilitando avanços significativos na prevenção de irregularidades e na otimização dos processos licitatórios.

Palavras-chave: Licitações, fraudes, mineração de dados, transparência, fiscalização pública, detecção de anomalias.

ABSTRACT

This study investigates the application of data mining techniques in detecting anomalies and irregularities in public procurement processes in the state of Bahia. The primary objective is to identify atypical patterns and indications of potential fraud, contributing to enhanced transparency and efficiency in public resource management. To achieve this, the research contextualizes legal aspects, with an emphasis on Law 14.133/2021, and analyzes the operational processes of public procurement, seeking to identify unusual behaviors that may indicate fraud. The methodology includes the use of advanced data analysis techniques, such as the Grubbs' Test and the Local Outlier Factor (LOF), as well as other statistical methods, allowing the identification of suspicious patterns. Additionally, related studies and practical examples are explored to demonstrate the effectiveness of the adopted approaches. The analysis identified five procurement processes that stood out as anomalies, suggesting the need for further investigation into these specific cases. The expected results aim to contribute to the development of effective monitoring tools and the improvement of public management, enabling significant progress in preventing irregularities and optimizing procurement processes.

Keywords: Public procurement, fraud, data mining, transparency, public oversight, anomaly detection.

RESUMEN

Este estudio investiga la aplicación de técnicas de minería de datos en la detección de anomalías e irregularidades en los procesos de licitación pública en el estado de Bahía. El objetivo principal es identificar patrones atípicos e indicios de posibles fraudes, contribuyendo a fortalecer la transparencia y la eficiencia en la gestión de los recursos públicos. Para ello, la investigación contextualiza los aspectos legales, con énfasis en la Ley 14.133/2021, y analiza los procesos operativos de las licitaciones, buscando identificar comportamientos inusuales que puedan indicar fraude. La metodología empleada incluye el uso de técnicas avanzadas de análisis de datos, como la Prueba de Grubbs y el Factor de Anomalía Local (LOF), además de otros métodos estadísticos, permitiendo la identificación de patrones sospechosos. Además, se exploran estudios relacionados y ejemplos prácticos para demostrar la eficacia de los enfoques adoptados. Durante el análisis, se identificaron cinco procesos de licitación que se destacaron como anomalías, lo que sugiere la necesidad de una investigación más profunda sobre estos casos específicos. Los resultados esperados buscan contribuir al desarrollo de herramientas eficaces de fiscalización y mejora de la gestión pública, permitiendo avances significativos en la prevención de irregularidades y en la optimización de los procesos de licitación.

Palabras clave: Licitaciones, fraudes, minería de datos, transparencia, fiscalización pública, detección de anomalías.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Valores Discrepantes: Análises Globais e Locais	30
Figura 2 – Uma propriedade de LOF	31
Figura 3 – Contagem de registros por modalidade	36
Figura 4 – Ranking dos 10 Órgãos com Maior Número de Licitações	38
Figura 5 – Boxplot dos valores homologados por modalidade de licitação	39
Figura 6 – Valores homologados do Pregão Eletrônico em escala logaritmo.....	40
Figura 7 – Visualização da concentração do tempo das homologações	42
Figura 8– Histograma para melhor visualização do teste de Grubbs	44
Figura 9 – Densidade do valor homologado x tempo	45
Figura 10 – Distribuição pontual do LOF Score	46
Figura 11 – Análise da Distribuição da Pontuação LOF Considerando o Limiar	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modalidades Licitatórias	21
Tabela 2 – Distribuição das Licitações por Status	34
Tabela 3 – Grupos que receberam maiores valores homologados	41
Tabela 4 – Estatísticas descritivas do tempo de homologação das licitações	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das Variáveis Utilizadas na Análise das Licitações.....	27
Quadro 2 – Os órgãos com maior número de licitações	43
Quadro 3 – Os órgãos com menor participação.....	43
Quadro 4 – As 5 licitações com maiores valores anômalos.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CGU	Controladoria-Geral da União
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
LOF	Local Outlier Factor
LRD	Local Reachability Density
MP	Ministério Público
PF	Polícia Federal
TCU	Tribunal de Contas da União

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	OBJETIVOS.....	18
2.1	Geral.....	18
2.2	Específicos	18
3.	JUSTIFICATIVA	19
4.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
4.1	Licitações	20
4.2	Nova Lei 14.133/2021 e Modalidades	21
4.3	Etapas de Licitações.....	23
4.4	Fraudes em Licitações	24
4.5	Mineração de Dados e Técnicas de Anomalias.....	25
5.	METODOLOGIA.....	27
5.1	Descrição Geral do Banco de Dados	27
5.2	Teste de Grubbs.....	28
5.3	Local Outlier Factor (LOF)	29
5.3.1	Outliers Baseados em Proximidade Local	29
5.3.2	Medida de Distância de Acessibilidade	30
5.3.3	Densidade de Acessibilidade Local.....	31
5.4	Suporte Computacional.....	32
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6.1	Identificando a Duplicidade.....	33
6.2	Distribuição das Licitações por Situação.....	33
6.3	Distribuição das Modalidades de Licitação.....	35
6.3.1	Contagem de Licitações por Modalidade	35
6.3.2	Situação das Licitações de Acordo com a Modalidade.....	37
6.4	Órgãos Solicitantes	37
6.5	Estudo de Casos Homologados	38

6.6	Analisando os Grupos com Valores Homologados.....	40
6.7	Estudo do Tempo de Duração entre Abertura do Processo de Homologação	41
6.8	Pregão Eletrônico e Obras e Serviços	43
6.8.1	Análise de anomalias aplicada às Licitações Homologadas de Obras na Educação	43
6.9	Local Outlier Factor (LOF) Aplicado às Obras na Educação	45
7.	CONCLUSÃO.....	49
7.1	Pesquisas Futuras	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A administração pública desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social de qualquer nação, sendo responsável pela implementação de políticas públicas que visam o bem-estar da população e o progresso nacional. Nesse cenário em que a eficiência, eficácia e qualidade constituem metas a serem alcançadas pela administração pública, é necessário adequar a nossa legislação, no sentido de valorizar a aquisição de bens e serviços com qualidade, pois a função precípua da administração pública é gerir os recursos públicos da melhor maneira possível objetivando proporcionar o maior grau possível de bem-estar social (LIMA, 2003).

De acordo com Lima (2016), o processo licitatório abrange modalidades e princípios, que devem ser constituídos de: legalidade; impessoalidade; isonomia; moralidade; ações que implicam na honestidade diante da administração; adesão do edital; e o princípio do julgamento objetivo. Dentro desse papel, destaca-se a gestão e utilização dos recursos públicos, que deve ser feita de forma responsável, eficiente e transparente. No entanto, essa responsabilidade é frequentemente ameaçada por práticas fraudulentas, principalmente nos processos licitatórios, essenciais para a aquisição de bens, serviços e obras pela administração pública.

Conforme Meirelles (2015, p. 274), “a licitação se trata de um processo administrativo através do qual a Administração pública visa eleger a melhor licitação para fechar o negócio de maior relevância”. O processo de licitação, regido por legislações específicas, como a Lei nº 8.666/1993 e a mais recente Lei nº 14.133/2021, busca garantir que as compras governamentais sejam realizadas de maneira justa, competitiva e livre de desvios. Entretanto, apesar das normas existentes, práticas fraudulentas, como conluio¹ entre licitantes, manipulação de editais, sobrepreço, superfaturamento, uso de empresas de fachada e corrupção de agentes públicos continuam a ser uma realidade em muitos processos licitatórios. Esses desvios não apenas comprometem os recursos públicos, mas também geram um desgaste na confiança da população nas instituições governamentais e nas políticas públicas (ANDRADE, 2023).

A Lei nº 14.133/2021 modernizou o sistema de licitações, incorporando novos mecanismos para aumentar a eficiência e a transparência, além de reduzir as brechas para práticas fraudulentas, no entanto, enquanto as reformas legais avançam, o desafio de detectar e

¹ Conluio: Acordo realizado com o propósito de prejudicar outra pessoa; trama ou conspiração: conluio para destituir o prefeito corrupto.

coibir práticas fraudulentas continua sendo uma preocupação relevante para os órgãos de fiscalização e para a sociedade como um todo. Segundo Monteiro (2021), essa legislação promove processos mais ágeis, eficientes e automatizados, enquanto Rodrigues (2021) destaca que a digitalização pode minimizar atrasos ao possibilitar a execução de etapas como entrega de documentos de forma instantânea. Entretanto, apesar dos avanços, detectar e prevenir irregularidades ainda é um grande desafio.

Nesse cenário, a utilização de tecnologias avançadas, como a mineração de dados, surge como uma ferramenta poderosa para identificar irregularidades em processos licitatórios. Essa técnica possibilita a análise de grandes volumes de informações, identificando padrões anômalos que podem indicar fraudes. Dentre as atualizações trazidas pela Lei nº 14.133/2021, pode-se destacar que as modalidades envolvidas nas licitações não são mais avaliadas de acordo com as vantagens financeiras ofertadas pelas empresas, sendo continuado com a utilização da concorrência e o pregão. Nesse contexto, para definir quais as modalidades a serem utilizadas durante um processo de licitação, será utilizado, como critério de decisão, a complexidade que envolve o projeto da licitação (FORTINI, OLIVEIRA E CAMARÃO, 2021).

O presente trabalho, portanto, tem como objetivo investigar a aplicação de técnicas de mineração de dados no contexto de fraudes em licitações realizadas no estado da Bahia. Destarte, serão utilizados dados de três modalidades licitatórias amplamente praticadas — pregão eletrônico, carta-convite e diálogo competitivo. Esses dados serão organizados em cinco categorias: homologadas, anuladas, fracassadas, revogadas e suspensas, que indicam diferentes tipos de desfechos nos processos licitatórios. Este trabalho não se limita à aplicação de ferramentas de detecção de anomalias para identificação de fraudes. Seu objetivo é contribuir para o fortalecimento dos mecanismos de combate à corrupção e aprimoramento da governança pública. Ao fornecer análises detalhadas, espera-se auxiliar na formulação de políticas públicas mais eficazes, promovendo a transparência e a eficiência na gestão dos recursos públicos.

Este estudo está estruturado em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, contextualizando o tema e sua relevância. O Capítulo 2 expõe os objetivos do trabalho, enquanto o Capítulo 3 justifica a escolha do estudo. No Capítulo 4, são abordados o referencial teórico e a revisão bibliográfica, incluindo conceitos sobre licitações, mineração de dados, técnicas, e estudos relacionados. O Capítulo 5 detalha a metodologia adotada para a pesquisa. No Capítulo 6, são apresentados e discutidos os resultados obtidos, abrangendo análises descritivas e preditivas. Por fim, o Capítulo 7 traz as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Aplicar técnicas de detecção de anomalias para identificar padrões indicativos de fraude em licitações realizadas no estado da Bahia.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar e organizar o banco de dados disponível, segmentando as licitações por categorias e modalidades.
- Identificar indicadores-chave de fraudes em processos licitatórios.
- Aplicar o Teste de Grubbs e algoritmo Local Outlier Factor.
- Apresentar recomendações baseadas nos resultados obtidos, com vistas à melhoria da gestão pública no estado da Bahia.

3. JUSTIFICATIVA

A confiança da população nas instituições governamentais e a integridade dos processos licitatórios estão intimamente relacionadas à forma como os recursos públicos são geridos. Práticas fraudulentas em licitações não apenas prejudicam os cofres públicos, mas também geram um clima de desconfiança entre a sociedade e os órgãos responsáveis pela administração pública. Nesse sentido, o presente trabalho se mostra relevante, pois se propõe a contribuir diretamente para a melhoria da transparência e da responsabilização no uso de recursos públicos, temas que vêm ganhando destaque no contexto da gestão pública moderna.

Neste sentido, o presente estudo propõe uma solução para identificar irregularidades de forma ágil e precisa, utilizando a combinação de tecnologias avançadas, como a mineração de dados e técnicas de detecção de anomalias. A proposta de uma abordagem automatizada visa não apenas auxiliar na detecção precoce de fraudes, mas também oferecer suporte aos órgãos fiscalizadores e gestores públicos na implementação de ações corretivas e preventivas, alinhando-se aos princípios da nova Lei nº 14.133/2021. Esta legislação, que busca modernizar o processo licitatório no Brasil, incentiva a adoção de práticas mais transparentes e eficientes, proporcionando maior controle sobre as operações realizadas pelo poder público.

Através da aplicação das ferramentas tecnológicas e da análise de dados, este trabalho se insere em uma linha de pesquisa que está em constante evolução no cenário global e nacional. Ao tratar de uma área de interesse coletivo, a identificação precoce de fraudes e irregularidades se torna uma estratégia crucial para a construção de um Estado mais ético, responsável e comprometido com a correta aplicação dos recursos públicos. Além disso, a automatização da detecção de anomalias oferece uma vantagem significativa em relação aos métodos tradicionais, que dependem de auditorias manuais e, muitas vezes, demoram a identificar práticas fraudulentas ou irregulares.

Mesmo com as reformulações promovidas pela Lei nº 14.133/2021 para modernizar os processos de licitação pública, a ocorrência de irregularidades ainda é um problema persistente. Fraudes, manipulação de editais e superfaturamento comprometem a credibilidade das contratações públicas e resultam em desperdício de recursos que poderiam ser aplicados em benefícios diretos à população. O grande desafio, portanto, está em identificar esses padrões fraudulentos de maneira precoce e eficiente.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Licitações

No contexto da Administração Pública brasileira, a licitação é definida como um processo administrativo formal destinado à seleção da proposta mais vantajosa para a celebração de um contrato entre a administração pública e as empresas ou indivíduos interessados em fornecer bens ou serviços ao Estado. Esse procedimento é fundamental para garantir que os recursos públicos sejam utilizados de maneira eficiente e transparente, respeitando princípios legais e éticos estabelecidos na legislação. De acordo com o Tribunal de Contas da União (TCU), o processo licitatório é regido por um conjunto de normas formais, sendo necessário que as condições para a apresentação de propostas sejam claramente estabelecidas em um edital ou convite, o qual especifica as exigências e critérios para a celebração do contrato (TCU, BRASIL, 2010).

O objetivo central de qualquer processo licitatório é escolher a proposta mais vantajosa para o Estado, considerando não apenas o preço, mas também a qualidade dos bens ou serviços oferecidos, o que visa a redução de custos na aquisição de produtos e a minimização dos desperdícios de recursos públicos. Como destacou Amorim (2017), o processo licitatório deve garantir a observância de diversos objetivos e princípios fundamentais.

- Observar o princípio constitucional da isonomia, garantindo que todos os interessados no processo licitatório tenham igualdade de condições para concorrer, respeitando as regras estabelecidas previamente no edital.
- Seleção da proposta mais vantajosa para a Administração Pública, preenchendo os requisitos estabelecidos pelo edital resulta na obtenção da proposta que melhor atende às necessidades da Administração, oferecendo o melhor custo-benefício.
- Promoção do desenvolvimento nacional sustentável, onde a licitação não deve se limitar a escolher a proposta com o menor custo, mas também deve promover práticas que assegurem a sustentabilidade econômica, ambiental e social do processo, em consonância com os princípios descritos no art. 3º da Lei nº 8.666/1993 e em alterações posteriores como a Lei nº 12.349/2010 e 14.133/2021.

A licitação, sendo um ato público, exige total transparência e acessibilidade, permitindo que qualquer empresa ou cidadão interessado tenha a possibilidade de participar do processo. Isso favorece a ampla concorrência, a democracia e a igualdade de oportunidades entre os potenciais fornecedores. O processo licitatório deve ser conduzido de maneira a eliminar qualquer suspeita de favorecimento ou fraude, garantindo que os recursos públicos sejam geridos de maneira prudente e eficiente (SOUZA, 1997).

De acordo com a Lei nº 8.666/1993, que regula as normas para licitações e contratos na administração pública, o processo licitatório é fundamentado em princípios essenciais que norteiam todas as suas etapas. Esses princípios visam assegurar a legalidade, transparência, igualdade e eficiência no uso dos recursos públicos, conforme destacado por Brasil (2010). No âmbito do seu regime jurídico são 6 modalidades licitatórias, sendo: concorrência, convite, tomada de preço, concurso, pregão e leilão.

4.2 Nova lei 14.133/2021 e Modalidades

Com a nova lei de Licitações houve a exclusão das modalidades tomada de preços e convite, sendo assim passaram a ser 5 (cinco), com isso, houve a possibilidade da criação da modalidade chamada: diálogo competitivo. Como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Modalidades Licitatórias

Lei 8.666/1993	Nova Lei 14.133/2021
Concorrência;	Pregão;
Tomada de preços;	Concorrência;
Convite;	Concurso;
Leilão;	Leilão;
Lei 10.520/2022;	Diálogo competitivo;

Fonte: Elaborada pela autora.

O Pregão, conforme definido pela Lei nº 14.133/2021, artigo 6º, inciso XLI, é uma modalidade de licitação obrigatória para aquisição de bens e serviços comuns². Seu critério de julgamento pode ser baseado no menor preço ou no maior desconto. Por ser voltado para bens

² Artigo 6º da Lei nº 14.133/2021: XIII - bens e serviços comuns: aqueles cujos padrões de desempenho e qualidade podem ser objetivamente definidos pelo edital, por meio de especificações usuais de mercado;

e serviços comuns, essa modalidade adota um rito simplificado e é amplamente utilizada no Brasil. Com a Nova Lei de Licitações, o uso do Pregão torna-se obrigatório para todas as contratações dessa natureza, reforçando os critérios mencionados, não podendo ser utilizado para contratações de serviços técnicos especializados de natureza predominantemente intelectual e de obras e serviços de engenharia.

A Concorrência, é uma modalidade de licitação para bens e serviços especiais³ e obras de engenharia, com critérios de julgamento como menor preço, melhor técnica, técnica e preço, maior retorno econômico ou maior desconto. A Nova Lei alterou o cronograma das fases licitatórias, onde primeiro ocorre o julgamento das propostas e depois a habilitação do vencedor, além de uma única fase recursal ao final.

O Concurso é uma modalidade de licitação usada para selecionar trabalhos técnicos, científicos ou artísticos, julgados com base na melhor técnica ou conteúdo artístico, com prêmio ou remuneração definidos no edital. Essa modalidade mantém definição semelhante à da Lei nº 8.666/93, exigindo um prazo mínimo de 45 dias entre a publicação do edital e a entrega dos trabalhos. O edital deve detalhar as qualificações dos participantes, diretrizes, formas de apresentação e condições do concurso.

O Leilão é utilizado pela Administração Pública para alienação de bens imóveis ou móveis que não servem mais ou foram apreendidos, sendo vencedor quem oferecer o maior lance. O edital deve descrever os bens, indicar o valor avaliado, o preço mínimo, condições de pagamento e eventuais ônus, além de detalhar onde os bens estão localizados e como o leilão será realizado (presencial ou online). O rito inclui fases de lances, recurso, pagamento e homologação, com os procedimentos regulamentados pela Administração.

E por fim o diálogo Competitivo, introduzido pela Lei nº 14.133/2021, é uma nova modalidade de licitação voltada para contratos complexos, em que a Administração Pública dialoga com licitantes pré-selecionados para desenvolver soluções que atendam às suas necessidades. Ele é usado em casos de inovação, adaptação de soluções ou dificuldades em definir especificações técnicas precisas. Após os diálogos, os licitantes apresentam propostas finais, sendo escolhida a mais vantajosa. O processo envolve etapas claras, como pré-seleção, registros de reuniões e a definição da solução final em edital, formalizando a interação público-privada nas contratações.

³ inciso [XXXVIII](#) do artigo [6º](#) da Lei nº [14.133/2021](#)- concorrência: modalidade de licitação para contratação de bens e serviços especiais e de obras e serviços comuns e especiais de engenharia.

4.3 Etapas de Licitações

A Nova Lei de Licitações, Lei nº 14.133/2021, organiza o processo licitatório em sete fases distintas, sendo uma interna e seis externas, conforme disposto no artigo 17 (BRASIL, 2021). Essas fases são sequenciais e essenciais para garantir a legalidade e a transparência do processo.

- Preparatória: A fase inicial ocorre internamente na Administração Pública e tem como objetivo avaliar a necessidade de contratação, definir o objeto da licitação e elaborar o edital. Nessa etapa ocorre o planejamento e definição de regras.
- Divulgação do edital: O edital é o documento principal da licitação, que contém todas as informações necessárias para que os interessados possam participar, sendo a descrição detalhada do objeto da licitação, requisitos que os licitantes precisam atender para participar (habilitação), prazos e etapas do processo. A importância do edital é porque ele estabelece as regras licitatórias, permitindo que os interessados analisem se possuem condições de participar e atender às exigências. Sua publicação deve ocorrer em meios oficiais, como sites da administração pública, para garantir transparência.
- Apresentação de propostas e lances, quando for o caso: Após a divulgação do edital, inicia-se o período em que os interessados apresentam suas propostas, demonstrando como pretendem atender ao objeto da licitação
- Julgamento: Nesta fase, a administração pública analisa e avalia as propostas recebidas, utilizando os critérios previamente estabelecidos no edital para escolher a mais vantajosa, sendo ela o Menor preço, melhor técnica, técnica e preço, maior retorno e maior desconto.
- Habilitação: é o momento em que a administração verifica se o licitante vencedor possui a capacidade técnica, jurídica e financeira para cumprir o contrato.
- Recursal: A fase recursal é uma garantia para os licitantes, permitindo que contestem decisões que considerem equivocadas. Caso um licitante discorde da decisão de julgamento ou habilitação, ele pode apresentar recurso fundamentado, onde a administração pública analisa os argumentos e decide se altera ou mantém a decisão anterior. Se o recurso for aceito, o processo é revisado, caso contrário, o certame prossegue normalmente.

- Homologação: A autoridade competente revisa os atos praticados durante a licitação para garantir que foram conduzidos conforme a lei, após essa análise, o processo é validado oficialmente.

As disputas entre empresas em processos licitatórios são marcadas por decisões estratégicas que podem gerar cooperação ou competição intensa. Essas decisões, muitas vezes influenciadas por interesses econômicos e mercadológicos, afetam os resultados do certame e a sustentabilidade das práticas de mercado.

4.4 Fraudes em Licitações

As fraudes em processos licitatórios decorrem de falhas nos sistemas de controle, monitoramento e fiscalização, possibilitando que agentes públicos e privados manipulem a concorrência para obter vantagens indevidas (FERREIRA; SOUZA, 2020). Essas práticas ilícitas ocorrem de diversas formas e comprometem a eficiência da administração pública, resultando em prejuízos significativos na gestão dos recursos governamentais (SILVA et al., 2019). O desvio de verbas públicas para fins particulares é um dos aspectos mais persistentes da corrupção no Brasil, apresentando crescimento preocupante em diversos setores (OLIVEIRA; MENDES, 2021). Segundo a Controladoria-Geral da União (CGU), a Polícia Federal (PF) e o Ministério Público (MP), as irregularidades mais comuns na aplicação de recursos públicos envolvem fraudes em licitações e contratos, muitas vezes com a participação de empresas sem idoneidade (CGU, 2022).

A Lei nº 8.429/92, dispõe que a frustração da licitude de procedimento e a dispensa indevida da licitação caracterizam improbidade administrativa que resulta lesão ao erário. Assim, dispõe o artigo 10, VIII, da referida legislação:

Art. 10. Constitui ato de improbidade administrativa que causa lesão ao erário qualquer ação ou omissão, dolosa ou culposa, que enseje perda patrimonial, desvio, apropriação, malbaratamento ou dilapidação dos bens ou haveres das entidades referidas no art. 1º desta lei, e notadamente: (...)

VIII- frustrar a licitude de procedimento licitatório ou de processo seletivo para celebração de parcerias com entidades sem fins lucrativos, ou dispensá-los indevidamente;

Ainda, a violação dos ditames constitucionais e legais acerca do procedimento licitatório, mediante conduta dolosa, poderá ser enquadrada, subsidiariamente, no artigo 11 da

Lei nº 8.429/92, que estabelece: "Art. 11. Constitui ato de improbidade administrativa que atenta contra os princípios da administração pública qualquer ação ou omissão que viole os deveres de honestidade, imparcialidade, legalidade, e lealdade às instituições, e notadamente:(...) " (BRASIL, 1992).

O mercado de licitações públicas apresenta grande vulnerabilidade a práticas ilícitas e anticompetitivas. Empresas que atuam de forma fraudulenta costumam adotar estratégias como manipulação de preços, simulação de concorrência e colaborações irregulares com agentes públicos para garantir vantagens indevidas (PEREIRA; ALMEIDA, 2021). Essas ações comprometem a transparência dos processos licitatórios e resultam em prejuízos significativos para a administração pública e a sociedade como um todo (SILVA et al., 2019). Pode-se destacar alguns principais como,

- A solicitação de propinas para facilitar a aprovação de uma proposta.
- Beneficiar uma empresa específica mediante pagamentos ilícitos ou favores.
- Manipulação de notas fiscais.
- Subcontratação de empresas pertencentes ao mesmo grupo econômico ou a órgãos públicos.
- Formação de consórcios entre concorrentes com o objetivo de manipular os resultados.
- Direcionamento de licitação para favorecer determinados participantes.
- Superfaturamento.
- Divisão de mercado entre empresas concorrentes.
- Combinações para fixação de preços.
- Alternância planejada entre os vencedores de licitações.

4.5 Mineração de Dados e Técnicas de Detecção de Anomalias

A mineração de dados é uma disciplina interdisciplinar que une estatística, aprendizado de máquina e ciência da computação para extrair padrões, tendências e anomalias de grandes volumes de dados (HAN, KAMBER; PEI, 2022). No contexto das licitações públicas, a aplicação dessas técnicas possibilita a identificação de irregularidades e comportamentos atípicos que podem indicar a ocorrência de fraudes e práticas anticompetitivas.

A detecção de anomalias nos processos licitatórios é essencial para identificar desvios significativos, tais como variações inesperadas nos valores homologados, tempos de execução

discrepantes e padrões incomuns no comportamento dos licitantes (COSTA et al., 2021). Para esse fim, métodos estatísticos e computacionais, como o teste de Grubbs e o Local Outlier Factor (LOF), são amplamente empregados na identificação de pontos fora do padrão esperado, permitindo a detecção de práticas suspeitas (FERREIRA et al., 2020).

Estudos recentes destacam a eficácia de diferentes abordagens para a detecção de anomalias em licitações públicas. Abreu et al. (2024) compararam os algoritmos Local Outlier Factor, Isolation Forest e Self-Organizing Maps na identificação de anomalias em notas fiscais associadas a licitações no Brasil. Os resultados demonstraram que o Isolation Forest foi o método mais eficiente para detectar fraudes quando comparado às demais técnicas analisadas.

Além disso, Pereira et al. (2022) propuseram um modelo baseado em redes complexas para mapear empresas envolvidas em conluíus em licitações públicas. Utilizando métricas de centralidade como Betweenness, Eigenvector Centrality, PageRank e Weighted Degree, a pesquisa obteve uma precisão de 71% e uma acurácia de 68% na identificação de comportamentos fraudulentos.

Os métodos supervisionados requerem um conjunto de dados previamente rotulado para treinar algoritmos capazes de reconhecer padrões fraudulentos conhecidos (SOUZA; ALMEIDA, 2019). Já as abordagens não supervisionadas, como clustering e análise de densidade, são utilizadas para identificar padrões anômalos sem a necessidade de rótulos prévios, sendo especialmente úteis quando não há registros explícitos de fraudes (OLIVEIRA et al., 2020). As técnicas de mineração de dados representam uma ferramenta poderosa contribuindo para a mitigação de riscos e o fortalecimento das políticas de controle e auditoria governamentais.

5 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os métodos utilizados para detectar anomalias em licitações públicas na Bahia, com foco na aplicação de técnicas estatísticas para identificar outliers. Os métodos escolhidos para essa análise foram o Teste de Grubbs e o Local Outlier Factor (LOF), cujas fórmulas e critérios de parametrização serão discutidos. As análises serão conduzidas no R, utilizando pacotes especializados em mineração de dados e estatística.

5.1 Descrição Geral do Banco de Dados

Os dados analisados foram extraídos de registros públicos de licitações realizadas no estado da Bahia, disponibilizados no Portal da Transparência entre 01 de Janeiro de 2020 a 30 de Janeiro de 2025. O conjunto de dados contém 21.238 observações distribuídas em 16 variáveis, sendo 8 variáveis qualitativas e 8 variáveis quantitativas. Durante a fase inicial de exploração dos dados, foram identificados valores faltantes, o que exigiu a seleção de algumas variáveis para garantir a integridade e a qualidade da análise que podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1: Descrição das Variáveis Utilizadas na Análise das Licitações

Variável	Descrição
Nº da Licitação	Identificador único da licitação
Situação	Status atual da licitação (Aberta, Em julgamento, Homologada, Revogada, Anulada, Fracassada, Cancelada, etc).
Modalidade	Tipo de processo licitatório (Pregão Eletrônico, Tomada de Preço, etc.).
Tipo	Categoria do processo (menor preço, melhor técnica, etc.).
Valor Estimado	Valor previsto para a licitação antes da adjudicação
Valor Homologado	Valor final da licitação após a adjudicação.
Órgão Solicitante e Unidade	Entidades responsáveis pelo processo
Grupo e Descrição do Grupo	Classificação dos itens licitados.
Datas relevantes	Data de publicação, abertura e homologação da licitação

Fonte: Elaborado pela autora

5.2 Teste de Grubbs

O teste de Grubbs é um teste estatístico para a detecção de valores discrepantes em um conjunto de dados normalmente distribuído, baseado na razão entre o valor extremo e a variabilidade da amostra. Desenvolvido por Grubbs em (1950), o método testa as hipóteses,

- H_0 : Não há outliers no conjunto de dados.
- H_A : Existe exatamente um outlier no conjunto de dados.

O teste avalia se o valor mais extremo do conjunto difere significativamente dos demais. Para cada objeto x em um conjunto de dados, define-se um z-score como

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S},$$

onde X é o valor observado, \bar{X} será a média amostral e S o desvio padrão da amostra. Esse cálculo determina o quão distante o valor mais extremo está da média, em termos do desvio padrão. O valor crítico do Teste de Grubbs é dado por,

$$Z = \frac{N - 1}{\sqrt{N}} \frac{\sqrt{t_{\alpha/(2N), N-2}^2}}{N - 2 + t_{\alpha/(2N), N-2}^2}$$

onde N é o número total de observações na amostra. Esse valor afeta diretamente o valor crítico, já que amostras maiores exigem desvios mais extremos para que um ponto seja considerado outlier. Já $t_{\alpha/(2N), N-2}^2$ é o valor crítico da distribuição t de Student com $N-2$ graus de liberdade, usado para determinar a região crítica do teste. O termo $\alpha/(2N)$ ajusta o nível de significância para considerar o teste bilateral e múltiplas comparações, já que cada ponto da amostra é avaliado como potencial outlier. À medida que o tamanho da amostra aumenta, a detecção de valores discrepantes torna-se mais rigorosa, exigindo desvios mais extremos para que uma observação seja classificada como outlier, uma vez que a variabilidade natural dos dados se torna melhor estimada (BARNETT; LEWIS, 1994).

O histograma, é amplamente utilizado na análise exploratória de dados. A aplicação do Teste de Grubbs aprimora essa análise, permitindo a identificação precisa de valores discrepantes. Com base nos critérios propostos por Grubbs (2013), é possível detectar

observações extremas, que podem sinalizar inconsistências ou possíveis fraudes em processos licitatórios.

Se os dados não forem distribuídos aproximadamente normal, o teste de Grubbs pode estar detectando a não normalidade dos dados em vez da presença de um outlier. Além disso, o teste de Grubbs é usado para verificar se há um único outlier, ou seja, se houver mais de um outlier os resultados podem ser influenciados por outros outliers (Nist, 1969).

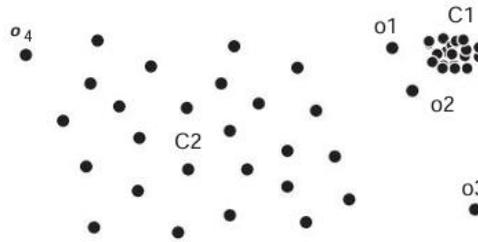
5.3 Local Outlier Factor (LOF)

O Local Outlier Factor (LOF) é um algoritmo desenvolvido para a detecção de anomalias em conjuntos de dados multivariados. Foi proposto por Markus M. Breunig, Hans-Peter Kriegel, Raymond T. Ng e Jörg Sander no ano 2000. O LOF identifica pontos de dados que apresentam densidade significativamente menor em relação aos seus vizinhos, caracterizando-os como outliers. A principal inovação do LOF é a avaliação da densidade local de cada ponto, permitindo a identificação de outliers em regiões de diferentes densidades dentro do conjunto de dados. Um Local Outlier Factor (LOF) é calculado para cada objeto no conjunto de dados, indicando seu grau de ser um outlier. O fator de outlier é local no sentido de que apenas uma vizinhança restrita de cada objeto é considerada (BREUNING, KRIEGEL E JORG 2000).

5.3.1 Outliers Baseados em Proximidade Local.

Para detectar valores discrepantes em conjuntos de dados, métodos tradicionais baseados em distância podem não ser suficientes, especialmente em cenários com densidades variadas. A Figura 1 ilustra esse desafio, apresentando dois clusters: **C1** (denso) e **C2** (esparso). Objetos como **o3**, isolados do conjunto principal, são facilmente detectados por técnicas baseadas em distância. No entanto, detectar outliers locais, como **o1** e **o2**, que estão próximos ao cluster denso **C1**, exige uma abordagem mais sofisticada. O Local Outlier Factor (LOF), proposto por Breunig et al. (2000), aborda esse problema ao considerar a densidade local dos pontos. O LOF avalia o quão isolado um objeto está em relação aos seus vizinhos, usando a densidade relativa em vez de apenas distâncias absolutas, evidenciando a principal força do LOF, que é sua capacidade de identificar outliers que se destacam localmente, mesmo quando estão relativamente próximos a outros pontos.

Figura 1: Valores Discrepantes: Análises Globais e Locais



Fonte: Breunig et al. (2000)

A k -distância de \mathbf{o} , denotada por $distance_k(\mathbf{o})$, é definida como a distância entre \mathbf{o} e outro objeto $\mathbf{p} \in D$ tal que existem pelo menos k objetos $\mathbf{o}' \in D - \{\mathbf{o}\}$ satisfazendo $distance(\mathbf{o}, \mathbf{o}') \leq distance(\mathbf{o}, \mathbf{p})$ e existam no máximo $k-1$ objetos $\mathbf{o}'' \in D - \{\mathbf{o}\}$ satisfazendo $distance(\mathbf{o}, \mathbf{o}'') < distance(\mathbf{o}, \mathbf{p})$ que representa a distância entre \mathbf{o} e seu k -ésimo vizinho mais próximo. A vizinhança de k -distância de \mathbf{o} , denotada por $N_k(\mathbf{o})$, é definida como o conjunto de todos os objetos cuja distância até \mathbf{o} não é maior que $distance_k(\mathbf{o})$, ou seja,

$$N_k(\mathbf{o}) = \{\mathbf{o}' | \mathbf{o}' \in D, distance(\mathbf{o}, \mathbf{o}') \leq distance_k(\mathbf{o})\}.$$

5.3.2 Medida de Distância de Acessibilidade

Utilizar diretamente a distância média entre um objeto \mathbf{o} e seus vizinhos mais próximos para medir a densidade local pode gerar problemas em casos em que \mathbf{o} tenha vizinhos muito próximos, aumentando as flutuações estatísticas indesejadas. Para mitigar esse problema, Breunig et al. (2000) introduziram a distância de acessibilidade (*reachability distance*), que suaviza os efeitos de outliers muito próximos. A distância de acessibilidade entre dois objetos \mathbf{o} e \mathbf{o}' é definida como

$$reachdistance_k(\mathbf{o} \leftarrow \mathbf{o}') = \max\{distance_k(\mathbf{p}), distance(\mathbf{o}, \mathbf{o}')\}.$$

Assim, se \mathbf{o} estiver muito próximo de \mathbf{o}' , consideramos pelo menos a k -distância de \mathbf{o}' para evitar distorções. Essa medida não é simétrica, ou seja, em geral

$$reachdistance_k(\mathbf{o}, \mathbf{o}') \neq reachdistance_k(\mathbf{o}', \mathbf{o})$$

5.3.3 Densidade de Acessibilidade Local

A densidade de acessibilidade local (*local reachability density* - LRD) de um objeto o é definida como o inverso da média das distâncias de acessibilidade entre o e seus k -vizinhos mais próximos, ou seja,

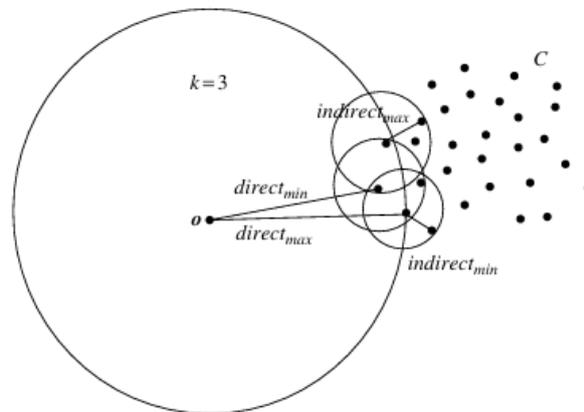
$$lrd_k(o) = \frac{||N_k(o)||}{\sum_{o' \in N_k(o)} reachdistance(o' \leftarrow o)}$$

Dessa forma, a fórmula para o LOF é dada por

$$LOF_k = \frac{\sum_{o' \in N_k(o)} lrd_k(o')}{||N_k(o)||} = \sum_{o' \in N_k(o)} lrd_k(o') \cdot \sum_{o' \in N_k(o)} reachdistance_k(o' \leftarrow o)$$

Na detecção de outliers baseada em densidade, a identificação de outliers locais é determinada pela densidade relativa dos dados. O parâmetro k é utilizado para definir a vizinhança, eliminando a necessidade de estabelecer um número mínimo de objetos para caracterizar a densidade. Em vez disso, a densidade de acessibilidade local de cada objeto é calculada e comparada com a de seus vizinhos, permitindo quantificar o grau de discrepância e indicar a presença de outliers (BEURING, et al, 2000)

Figura 2: Uma propriedade de LOF



Fonte: Breunig et al. (2000)

Os limites do LOF são determinados pelas relações de distância de acessibilidade. A distância de acessibilidade direta mínima e máxima representam, respectivamente, os menores e maiores valores entre um objeto e seus k -vizinhos mais próximos. Já a distância de alcançabilidade indireta mínima e máxima avaliam essas relações de forma indireta,

considerando a conectividade entre os pontos vizinhos. A Figura 2 ilustra essas relações, demonstrando a forma como as métricas são utilizadas para definir a densidade relativa do objeto analisado.

$$direct_{min}(o) = \min\{reachdistance_k(o' \leftarrow o) | o' \in N_k(o)\}.$$

$$direct_{max}(o) = \max\{reachdistance_k(o' \leftarrow o) | o' \in N_k(o)\}.$$

$$indirect_{min}(o) = \min\{reachdistance_k(o'' \leftarrow o) | o' \in N_k(o) \text{ and } o'' \in N_k(o')\}.$$

$$indirect_{max}(o) = \max\{reachdistance_k(o'' \leftarrow o) | o' \in N_k(o) \text{ and } o'' \in N_k(o')\}.$$

Então, pode-se mostrar que $LOF(o)$ é limitado como

$$\frac{direct_{min}(o)}{indirect_{max}(o)} \leq LOF(o) \leq \frac{direct_{max}(o)}{indirect_{min}(o)}.$$

A partir dessas medidas, é possível estabelecer limites para o valor do LOF de um objeto o , este resultado revela que o LOF captura efetivamente a densidade relativa de um objeto em relação ao seu entorno. Quanto maior a diferença entre as densidades locais do objeto e de seus vizinhos, maior será o valor do LOF, sinalizando a presença de um outlier local.

5.4 Suporte Computacional

O RStudio é uma poderosa IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) para análises estatísticas e científicas com R, oferecendo ferramentas integradas para produtividade (RStudio Team, 2020). A versão mais recente disponível é a 2024.12.1-563, lançada em 2024. Ferramentas como o pacote tidyverse (WICKHAM et al., 2019) foram fundamentais para a manipulação dos dados, enquanto ggplot2 (WICKHAM, 2016) possibilitou a visualização intuitiva dos resultados. Além disso, os pacotes outliers (KOMSTA, 2011) e DMwR2 (TORGO, 2016) foram empregados para aplicar testes como o teste de Grubbs' e o Local Outlier Factor (LOF), facilitando a detecção de possíveis fraudes em licitações. O pacote DMwR2 fornece funções úteis para manipulação de dados, modelagem preditiva e detecção de anomalias, facilitando a aplicação de técnicas de mineração de dados em R (TORGO, 2022). O RStudio desempenhou um papel essencial no suporte computacional para as análises realizadas neste trabalho, proporcionando um ambiente integrado para manipulação, exploração e visualização de dados, possibilitando a importação e tratamento dos dados de licitações, a construção de gráficos informativos e a implementação de métodos estatísticos para identificação de padrões incomuns.

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresenta-se uma análise descritiva dos dados utilizados no estudo, com o objetivo de compreender o comportamento das licitações no estado da Bahia. Para isso, foram exploradas as características das licitações disponíveis no banco de dados, incluindo sua distribuição por modalidade, valores estimados e homologados, situação dos processos e identificação de possíveis anomalias. A análise inicial buscou identificar possíveis duplicidades na base de dados, considerando o número de ocorrências para cada licitação registrada.

6.1 Identificando a Duplicidade

A análise inicial buscou identificar a duplicidade na base de dados, considerando o número de ocorrências para cada licitação registrada. Os resultados demonstram que algumas licitações apresentam uma frequência de registro significativamente elevada, como por exemplo a licitação PE002/2023, aparece 139 vezes, seguida pela PE001/2022 e PE001/2023, ambas com 130 registros. No total, foram identificadas 4.171 licitações distintas. A presença de múltiplas ocorrências da mesma licitação pode indicar diferentes cenários como republicação de editais devido a ajustes ou correções, fragmentação de contratos, onde um mesmo processo licitatório resulta em múltiplas contratações, ou registro duplicado de informações dentro do banco de dados. Esses casos exigem uma análise mais aprofundada para determinar se há indícios de irregularidades, como o fracionamento de despesas, estratégia utilizada para evitar limites legais e requisitos mais rígidos de contratação.

6.2 Distribuição das Licitações por Situação

A análise da variável "Situação" na base de dados revelou a distribuição quantitativa dos processos licitatórios de acordo com seu status. Os resultados indicam que a maioria das licitações analisadas já foi concluída, enquanto uma parcela significativa ainda se encontra em andamento ou enfrentou algum tipo de impedimento, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Distribuição das Licitações por Status.

Situação	Quantidade
Homologada	16.342
Em andamento	1.963
Fracassada	1.770
Deserta	544
Revogada	374
Suspensa	106
Anulada	105
Cancelada	31
NA	1
Total	21.236

Fonte: Elaborada pela autora.

A análise da situação das licitações revela um panorama detalhado do andamento dos processos licitatórios, destacando taxas de sucesso, desafios e possíveis inconsistências na gestão pública.

- Homologadas (16.342 registros – 77%): A maior parte das licitações foi homologada, indicando que esses processos foram concluídos com êxito e resultaram na adjudicação do objeto contratado. Esse alto percentual reflete eficiência na conclusão dos certames.
- Em andamento ou em elaboração (1.963 registros – 9%): São processos que ainda não foram finalizados, podendo estar nas fases de publicação do edital, recebimento de propostas ou julgamento de recursos.
- Fracassadas (1.770 registros – 8%): Ocorrem quando nenhuma proposta é aceita ou os licitantes não atendem aos requisitos do edital. Esse índice pode refletir dificuldades dos fornecedores em cumprir exigências contratuais ou a formulação inadequada dos editais.
- Desertas (544 registros – 3%): Representam licitações sem interessados. Esse fenômeno pode indicar exigências excessivamente restritivas, desinteresse do mercado ou baixa atratividade da contratação, impactando a eficiência da administração pública.

- Revogadas (374 registros): Ocorrem quando há mudança na necessidade da administração pública.
- Anuladas (105 registros): decorrentes de ilegalidades no processo, podendo indicar falhas procedimentais ou suspeitas de irregularidades.
- Canceladas (31 registros): onde ocorrem casos de desistência ou reavaliação da necessidade de contratação.
- Suspensas (106 registros) são pausadas temporariamente por questionamentos jurídicos ou administrativos.
- Registro sem Situação Definida NA (1 caso – 0,01%)

A elevada quantidade de licitações homologadas sugere um alto índice de conclusão dos certames, o que é positivo para a eficiência da gestão pública. No entanto, a proporção de processos fracassados e desertos (11% do total) pode indicar dificuldades enfrentadas por fornecedores ou falhas na formulação dos editais. Além disso, a existência de anulações e revogações reforça a importância do monitoramento dos processos para identificar possíveis inconsistências e aprimorar a governança das contratações públicas.

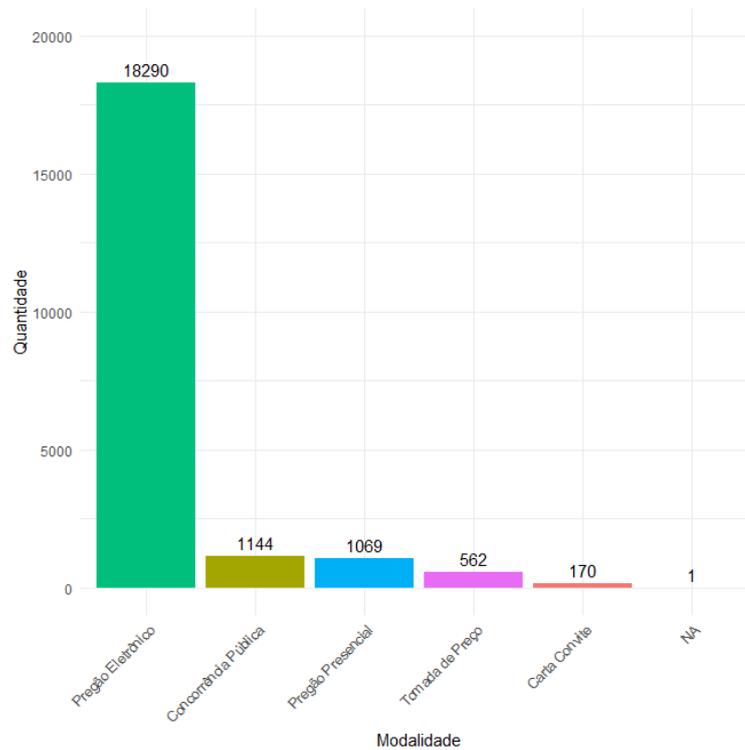
6.3 Distribuição das Modalidades de Licitação

A análise da distribuição das modalidades de licitação permite compreender como os diferentes tipos de processos licitatórios são utilizados e quais apresentam maior representatividade. Cada modalidade possui características específicas, influenciando a concorrência, os valores homologados e a transparência do processo.

6.3.1 Contagem de Licitações por Modalidade

Para compreender a distribuição dos processos, realizou-se uma contagem de registros por modalidade, permitindo identificar quais tipos de licitação são mais recorrentes e como eles se comportam em termos de frequência. A análise é fundamental para avaliar a representatividade de cada modalidade e compreender possíveis padrões de utilização. Além disso, ao observar a distribuição, é possível levantar hipóteses sobre a preferência por determinadas modalidades em diferentes contextos administrativos e orçamentários. Os resultados dessa contagem são apresentados na Figura 3.

Figura 3: Contagem de registros por modalidade.



Fonte: Elaborada pela autora.

A predominância do Pregão Eletrônico reflete uma tendência moderna da administração pública em priorizar ferramentas que aumentem a competitividade e transparência dos certames. Além disso, o menor volume de licitações por Tomada de Preço e Carta Convite, que com a Lei 14.133/21 foram excluídas, o que pode estar relacionado a políticas de incentivo ao pregão eletrônico. Na perspectiva de Lima (2021), a nova modalidade permite uma melhor aquisição para o poder público em casos específicos, nos quais haja necessidade de contratações que requeiram inovações técnicas não disponíveis no mercado, principalmente quanto aos aspectos técnicos, financeiros e jurídicos.

Em relação ao pregão eletrônico, Melo (2021) defende que a mudança trazida pela nova lei, que torna o pregão eletrônico a regra e o presencial a exceção, dificulta a corrupção, sendo uma alteração benéfica, de acordo com os §§ 2º e 4º do art. 17:

§ 2º As licitações serão realizadas preferencialmente sob a forma eletrônica, admitida a utilização da forma presencial, desde que motivada, devendo a sessão pública ser registrada em ata e gravada em áudio e vídeo.

§ 4º Nos procedimentos realizados por meio eletrônico, a Administração poderá determinar, como condição de validade e eficácia, que os licitantes pratiquem seus atos em formato eletrônico.

6.3.2 Situação das Licitações de Acordo com a Modalidade

A análise do cruzamento entre a situação das licitações e suas respectivas modalidades revela padrões relevantes sobre a eficiência e os desafios operacionais dos processos licitatórios. O Pregão Eletrônico se destaca como a modalidade mais adotada, com 14.124 licitações homologadas, evidenciando sua eficiência e praticidade. No entanto, essa modalidade também apresenta 1.721 processos fracassados e 424 desertos, o que pode indicar problemas nos editais, exigências excessivas ou baixa atratividade para fornecedores. A Concorrência Pública aparece como uma modalidade relevante para contratações mais complexas, com 736 homologações, mas também apresenta 333 processos em andamento, possivelmente devido à maior burocracia e tempo de análise exigidos. Já a Tomada de Preço, com 444 homologações e 40 processos desertos, enfrenta dificuldades na atração de fornecedores, assim como o Pregão Presencial, que, apesar da digitalização, ainda registra 905 homologações, mostrando que algumas entidades mantêm esse formato.

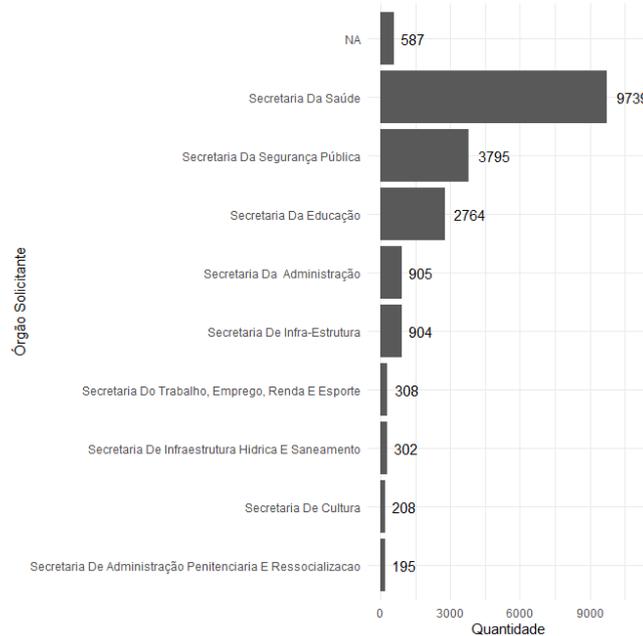
Outro ponto relevante é a maior frequência de anulações (96 casos) e cancelamentos (23 casos) no Pregão Eletrônico, o que pode estar relacionado ao grande volume de processos ou a problemas administrativos e contestações jurídicas. Esse cenário reforça a importância do monitoramento contínuo dos certames para identificar fragilidades e aprimorar a governança das contratações públicas.

6.4 Órgãos Solicitantes

Os 31 órgãos solicitantes distintos no estado da Bahia contabilizam um total de 20.927 registros. A distribuição desses registros entre os órgãos apresenta grande variação, sendo que alguns órgãos concentram um volume significativo, enquanto outros possuem uma participação menor.

Em destaque na Figura 4 a Secretaria da Saúde realizou 9.739 licitações, seguida pela Secretaria da Segurança Pública (3.795) e pela Secretaria da Educação (2.764). Isso sugere que os setores de saúde, segurança e educação são os que mais demandaram processos licitatórios nesse período. Há também um pequeno número de licitações classificadas como "NA" (587), o que pode indicar registros incompletos. O valor total estimado das licitações é R\$ 160.538.388.705,00 (160,5 bilhões de reais).

Figura 4: Ranking dos 10 Órgãos com Maior Número de Licitações



Fonte: Elaborada pela autora.

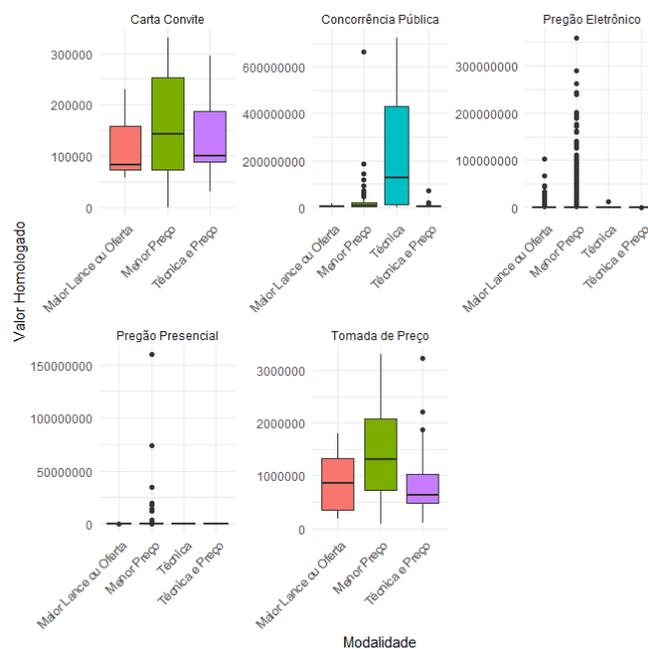
6.5 Estudo de Casos Homologados

Os valores homologados das licitações analisadas apresentam uma grande variação, com discrepâncias significativas entre os valores mais comuns e os valores extremos. Enquanto licitações registraram R\$0, possivelmente devido ao cancelamento, fracasso ou revogação antes da contratação, outras atingiram R\$44,63 bilhões, sugerindo grandes contratos de infraestrutura ou concessões de longo prazo. A distribuição dos valores mostra que 25% das licitações foram concluídas com montantes abaixo de R\$33.950,00, a mediana foi de R\$128.100,00. Por outro lado, 75% das licitações ficaram abaixo de R\$754.000,00, evidenciando que os valores acima desse limite pertencem a um grupo reduzido de licitações de maior porte. A média de R\$5,46 milhões indica a influência de outliers, evidenciando distorções na distribuição geral. A discrepância entre a mediana e a média reforça a presença de outliers, sendo assim, licitações com valores muito acima do padrão, que podem ter impactos na percepção global dos dados.

O total estimado para as licitações homologadas foi de R\$ 144,68 bilhões e o total homologado ficou em R\$ 44,63 bilhões. A diferença total entre os valores homologados e estimados foi de R\$ 100,06 bilhões, ou seja, os valores homologados foram inferiores aos valores inicialmente previstos pelos processos licitatórios.

A Figura 5 exibe boxplots dos valores homologados para diferentes modalidades de licitação, subdivididos em cinco categorias, cada uma correspondente a uma modalidade específica. Observa-se que o Pregão Eletrônico concentra a maioria das licitações em valores mais baixos, mas apresenta outliers expressivos, sugerindo a existência de contratos de alto valor. A Concorrência Pública exibe a maior dispersão, com valores máximos significativamente superiores às demais modalidades, o que pode indicar contratos de grande porte, como concessões e grandes obras de infraestrutura. Já as modalidades Carta Convite, Pregão Presencial e Tomada de Preço apresentam distribuições mais concentradas, com menor variação e menos valores extremos, indicando que tendem a envolver processos de menor valor. A mediana e os quartis indicam que a maioria das licitações ocorre dentro de faixas restritas, enquanto os valores extremos elevam a média geral.

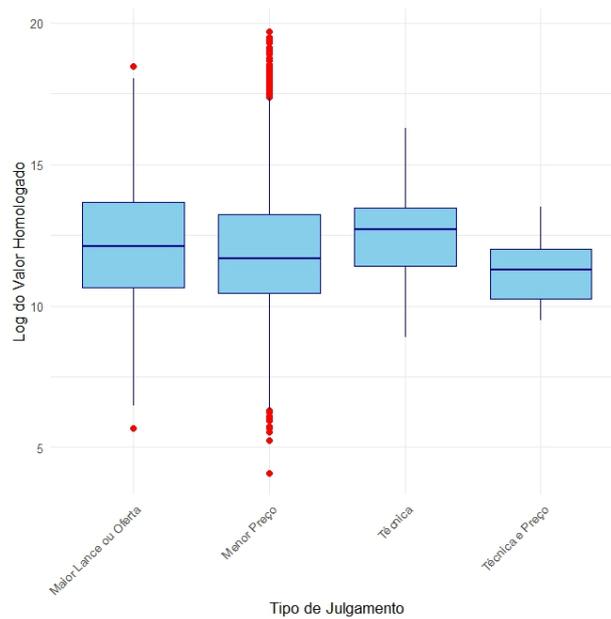
Figura 5: Boxplot dos valores homologados por modalidade de licitação.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para facilitar a visualização e interpretação dos dados, foi aplicada a transformação logarítmica nos valores homologados do Pregão Eletrônico, permitindo reduzir a escala e evidenciar a distribuição por tipo de julgamento, conforme representado na figura 6 agrupado em boxplots.

Figura 6: Valores homologados do Pregão Eletrônico em escala logaritmo



Fonte: Elaborada pela autora.

6.6 Analisando os Grupos com Valores Homologados

A análise das modalidades de licitação revela padrões distintos na distribuição dos valores homologados, refletindo a natureza e os objetivos de cada processo. O Pregão Eletrônico e Presencial demonstra uma concentração maior de valores baixos, sugerindo sua eficácia na busca por preços competitivos e otimização dos gastos públicos. Por outro lado, a Concorrência Pública apresenta a maior variação nos valores homologados, o que sugere seu uso para contratações de grande porte e maior complexidade. Essa modalidade tende a abranger projetos de maior envergadura, justificando a amplitude dos valores observados. Além disso, critérios como Técnica e Preço resultam, em geral, em valores mais elevados, pois consideram não apenas o custo, mas também a qualidade e especificidade das propostas, impactando diretamente os montantes homologados. Outro ponto relevante é a presença de outliers em todas as modalidades, indicando que alguns contratos possuem valores excepcionalmente altos. Esses casos podem estar associados a aquisições de grande escala ou possíveis anomalias.

A Tabela 3 apresenta seis grupos de despesas e seus respectivos valores homologados, evidenciando a distribuição dos gastos públicos. O maior montante foi destinado a Obras e Serviços (R\$ 23,28 bilhões). Em seguida, Material Permanente e Consumo (R\$ 19,26 bilhões),

abrangendo compras volumosas de móveis, equipamentos hospitalares e veículos, especialmente para setores como saúde e educação.

Os Serviços de Informática (R\$ 1,16 bilhão) aparecem em terceiro lugar, englobando suporte técnico, desenvolvimento de software e manutenção de sistemas. Já a aquisição de Equipamentos de Informática (R\$ 763,16 milhões) representa valores menores, pois muitas contratações nessa área envolvem suporte contínuo e não apenas a compra de dispositivos.

Os grupos de menor impacto financeiro incluem diversos (R\$ 82,19 milhões), que reúne despesas variadas, e Serviços de Limpeza, Conservação e Vigilância (R\$ 70,90 milhões), refletindo contratações terceirizadas de menor porte. De forma geral, os dados confirmam que obras e infraestrutura apresentam o maior total homologado, seguidos pela aquisição de materiais e equipamentos. Os serviços de tecnologia, embora relevantes, representam um valor menor do total de recursos, enquanto manutenções e serviços gerais possuem impacto financeiro reduzido.

Tabela 3: Grupos que receberam maiores valores homologados.

Grupo	Total Homologado
Obras e Serviços	R\$23,28 bilhões
Material permanente e consumo	R\$19,27 bilhões
Serviço de informática	R\$1,16 bilhões
Equipamentos de informática	R\$763,16 milhões
Diversos	R\$82,19 milhões
Serviços de Limpeza e vigilância	R\$70,90 milhões
Total	R\$44,55 bilhões

Fonte: Elaborada pela autora.

6.7 Estudo do Tempo de Duração entre Abertura do Processo e Homologação

A variável "Tempo" foi criada para medir a duração das licitações, desde a abertura até a homologação, permitindo avaliar a eficiência do processo. No entanto, muitos valores estavam ausentes (NA), pois diversas licitações ainda não foram concluídas. A análise mostrou que a escolha entre a data de publicação no Diário Oficial e a data de abertura pode influenciar os resultados, já que o edital pode ser publicado com grande antecedência. Os resultados indicam padrões relevantes: prazos muito curtos podem sugerir falta de concorrência ou

favorecimento, enquanto processos longos podem apontar impedimentos burocráticos ou adiamentos estratégicos.

Como mostrado na Tabela 4, os dados de tempo de homologação a maioria dos processos foram concluídos rapidamente, mas alguns levaram um tempo significativamente maior. De acordo com os valores estatísticos apresentados, 25% das licitações foram homologadas em até 13 dias, enquanto metade dos processos levou até 22 dias. A média de 42,67 dias sugere a presença de outliers, já que alguns processos chegaram a 245 dias para serem concluídos.

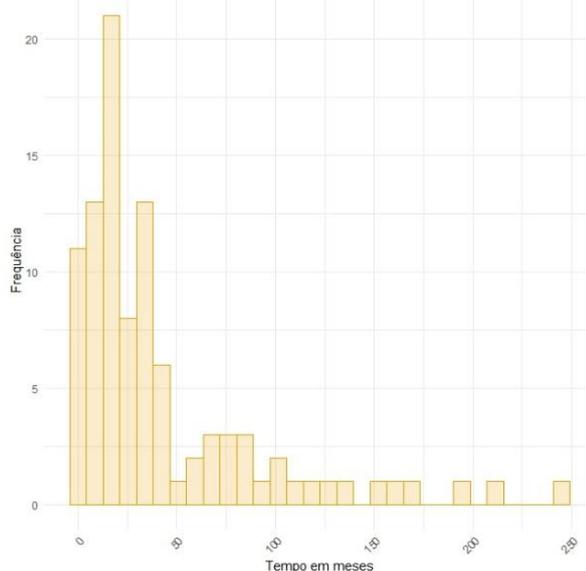
Tabela 4: Estatísticas descritivas do tempo de homologação das licitações

Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
0.00	13.00	22.00	42.67	50.00	245.00

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 7 mostra que a maioria das licitações é homologada em um período de 10 a 50 dias, indicando que esse pode ser o prazo típico para a conclusão do processo. No entanto, também há casos de homologação que ultrapassam esse intervalo, sugerindo a existência de processos significativamente mais longos. Essas demoras podem ser atribuídas a fatores como exigências burocráticas mais complexas, dificuldades na análise documental, disputas entre concorrentes ou necessidade de ajustes nos contratos antes da aprovação final.

Figura 7: Visualização da concentração do tempo das homologações.



Fonte: Elaborada pela autora

6.8 Pregão Eletrônico e Obras e Serviços

Considerando que o pregão eletrônico apresentou a maior quantidade de licitações e obras e serviços o maior valor homologado, foram filtrados os dados para incluir apenas os registros pertencentes a essas categorias e, em seguida, verificou-se a distribuição por Órgão Solicitante.

Os Quadros 2 e 3 mostram que as licitações de Pregão Eletrônico e Obras e Serviços estão concentradas principalmente nas áreas de Segurança Pública, Educação e Saúde, que tradicionalmente exigem grandes volumes de contratações e compras públicas. Em contrapartida, os órgãos com menor participação incluem a Vice-Governadoria, a Secretaria de Relações Institucionais, a Secretaria de Políticas para as Mulheres e o Gabinete do Governador, evidenciando uma menor demanda por processos licitatórios nesses setores.

Quadro 2: Os órgãos com maior número de licitações.

Órgãos Solicitantes	Número de Licitações
Secretaria da Segurança Pública	864
Secretaria da Educação	476
Secretaria da Saúde	401
Secretaria de Administração	151
Secretaria de Cultura	86

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 3: Os órgãos com menor participação

Órgãos Solicitantes	Número de Licitações
Vice-Governadoria	3
Secretaria de Relações Institucionais	6
Secretaria de Políticas para as Mulheres	7
Gabinete do Governador	9

Fonte: Elaborado pela autora

6.8.1 Análise de Anomalias Aplicada as Licitações Homologadas de Obras na Educação

Na Secretaria da Educação, as licitações se concentram principalmente em infraestrutura escolar e serviços terceirizados. Os grupos com maior número de licitações incluem Obras Cívicas

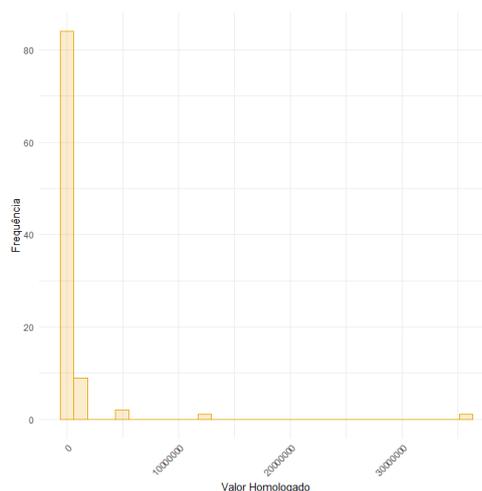
(97 licitações), refletindo investimentos em construções e reformas; Serviços de Instalações e Montagens (54 licitações), voltados para a estruturação de escolas; Serviços de Manutenção e Assistência Técnica (76 licitações), garantindo a conservação de equipamentos e instalações; Serviços de Transporte (48 licitações), essenciais para a mobilidade escolar; e Serviços Terceirizados (39 licitações), abrangendo segurança, limpeza e apoio administrativo.

Por outro lado, algumas categorias apresentam baixa frequência, com apenas 1 licitação registrada, como Descontaminação Microbiológica, Fornecimento de Alimentos, Locação de Móveis, Imóveis e Espaços Físicos, Organização de Arquivo e Microfilmagem e Serviços de Tratamento de Água. Isso sugere que essas demandas são pontuais ou recebem menor investimento em comparação com os serviços estruturais e operacionais da secretaria.

Os resultados do teste de Grubbs indicam a presença de um outlier significativo na distribuição dos valores homologados. A estatística do teste $G=9,10990$ revela a distância do valor extremo em relação à média, enquanto o valor calculado $U=0,12651$ reforça essa discrepância. O p-valor extremamente pequeno $p<0,001$ fornece uma forte evidência contra a hipótese nula, confirmando que há, de fato, um valor atípico. O maior valor identificado como outlier foi R\$ 35.778.500,10, um montante consideravelmente superior à distribuição dos demais valores, sugerindo uma possível anomalia ou irregularidade nos dados homologados.

A Figura 8 revela que a maioria das licitações homologadas possui valores baixos, concentrando-se próximos de zero. No entanto, há alguns valores extremamente altos, dispersos na parte direita do gráfico, indicando a presença de outliers. A escala do eixo X (Valor Homologado) é ampla, com grandes intervalos entre os valores, enquanto o eixo Y (Frequência) representa a quantidade de licitações em cada faixa de valor.

Figura 8: Histograma para melhor visualização do teste de Grubbs



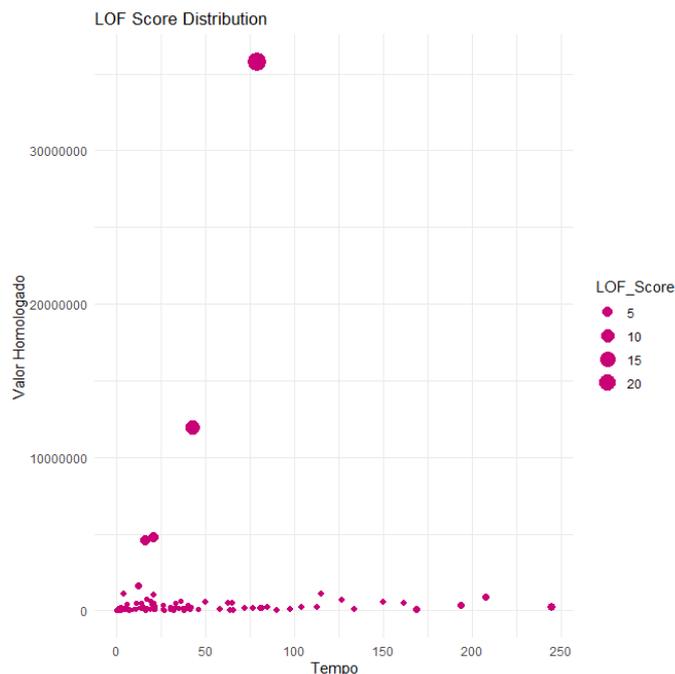
Fonte: Elaborada pela autora.

6.9 Local Outlier Factor (LOF) aplicado às Obras na Educação

Para a aplicação do LOF os dados foram pré-processados para garantir que todas as variáveis estivessem na mesma escala. Isso foi feito utilizando padronização, onde cada variável teve sua média subtraída e foi dividida pelo desvio padrão. O LOF foi calculado utilizando $k = 20$ vizinhos mais próximos, o que significa que a densidade local de cada ponto foi comparada com a de seus 20 vizinhos. Além disso, foram utilizados os valores homologados padronizados e o tempo entre a abertura da licitação e sua homologação.

A Figura 9 apresenta a densidade LOF considerando o valor homologado e o tempo, em que o tamanho do círculo indica o valor calculado pelo método, revelando que a maioria das licitações está concentrada em regiões próximas à origem do gráfico, sugerindo que a maior parte dos contratos homologados possuem valores mais baixos e tempos reduzidos entre a abertura e a homologação. No entanto, alguns pontos se destacam significativamente, apresentando valores homologados muito superiores ao padrão geral. Esses pontos anômalos possuem os maiores círculos no gráfico, o que indica que sua densidade local é consideravelmente menor em relação às demais licitações, tornando-os candidatos a anomalias.

Figura 9: Densidade do valor homologado x tempo.

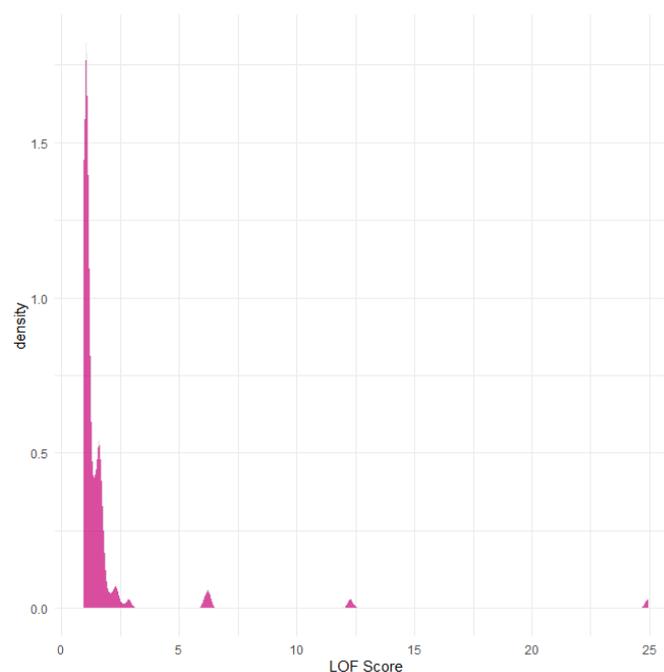


Fonte: Elaborada pela autora.

O método LOF, ao comparar a densidade de um ponto com a de seus vizinhos mais próximos, classifica determinados contratos como atípicos devido a valores excessivamente elevados ou tempos de homologação desproporcionais. Esses outliers representam tanto casos legítimos, como grandes obras que naturalmente demandam altos investimentos e prazos extensos, quanto possíveis inconsistências ou irregularidades. Assim, a identificação dessas anomalias sugere a necessidade de uma análise mais aprofundada sobre os processos licitatórios, contribuindo para um monitoramento mais rigoroso e transparente.

Na Figura 10, observa-se a distribuição do LOF calculado para as licitações homologadas. A grande maioria das observações possui um LOF Score próximo de 1, indicando que elas não são consideradas outliers e seguem um padrão comum no conjunto de dados. Entretanto, existem algumas pontuações isoladas acima de 5, 10 e até 25, que aparecem como pequenos picos distantes da principal concentração. Essas são as observações consideradas fortemente anômalas, ou seja, representam comportamentos diferentes da maioria das licitações. Esse afastamento está associado a valores homologados excessivamente altos, tempos de processamento atípicos nas propostas vencedoras.

Figura 10: Distribuição pontual do LOF Score



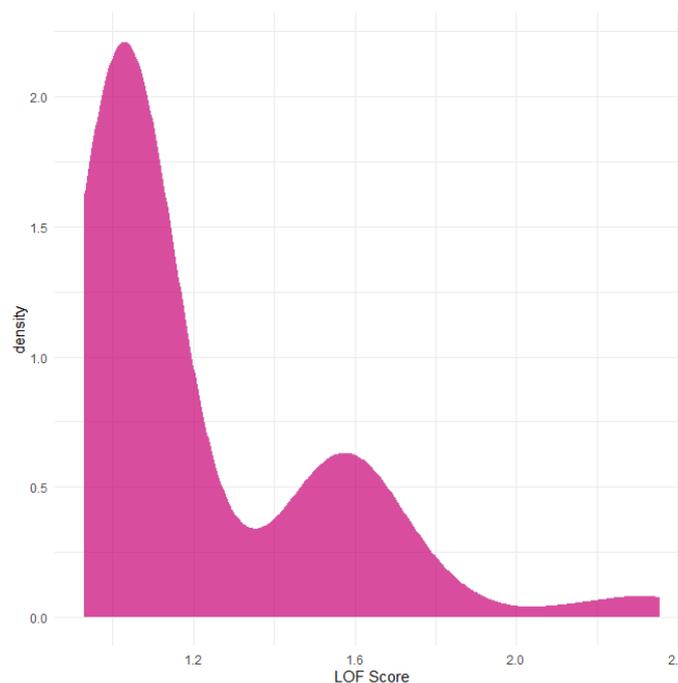
Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 11 apresenta a distribuição da densidade da pontuação LOF considerando um limiar estabelecido para a identificação de outliers permitindo classificar quais licitações

apresentavam padrões anômalos. O cálculo do limiar foi baseado na distribuição das pontuações do LOF, utilizando o percentil 95%, ou seja, os 5% de licitações com os maiores valores de LOF foram classificadas como potenciais anomalias, cujo valor desse limiar foi de 2,45, indicando que qualquer licitação com uma pontuação de LOF superior a esse valor é considerada atípica. Diferente da Figura 10, a Figura 11 mostra uma concentração mais restrita de valores, indicando que apenas observações dentro de um determinado intervalo foram filtradas para a análise revelando um pico inicial entre 1.1 e 1.2, indicando que a maioria das licitações analisadas possui um LOF Score dentro dessa faixa. Isso sugere que grande parte dos contratos não apresenta um comportamento fortemente anômalo, estando dentro de um padrão esperado. Além disso, observa-se um segundo pico menor entre 1.5 e 1.7, sugerindo a existência de um grupo menor de licitações com um comportamento um pouco mais distinto em relação à maioria. Após a pontuação LOF de 2.0, a densidade se torna muito baixa, o que indica que há poucas licitações com valores de LOF superior a esse limiar. Isso sugere que poucas observações foram classificadas como outliers significativos.

Na Figura 10, percebe-se que a maior parte das licitações tem LOF próximo de 1.0, o que indicou um comportamento normal. À medida que a pontuação LOF aumenta, a densidade dos pontos diminui, mostrando que valores mais elevados são considerados possíveis anomalias.

Figura 11: Análise da Distribuição da Pontuação LOF Considerando o Limiar



Fonte: Elaborado pela autora.

A aplicação do Local Outlier Factor (LOF) identificou cinco licitações na área de obras para educação que apresentaram comportamentos anômalos em relação ao Valor Homologado e ao Tempo de Homologação, conforme detalhado no Quadro 4. Esses contratos se destacam da maioria das licitações analisadas, seja por valores significativamente elevados, descontos expressivos ou prazos diferenciados.

A licitação PE020/2024 apresentou o maior valor homologado entre os outliers, totalizando R\$ 35.778.500, um montante elevado mesmo dentro do contexto das licitações analisadas, com um prazo relativamente longo de 79 dias para homologação. Por outro lado, a licitação PE010/2023 teve um valor homologado ligeiramente inferior ao estimado (R\$ 4.573.366 contra R\$ 4.619.562), indicando uma pequena variação entre os valores previstos e finalizados, sem um grande impacto percentual, mas ainda assim foi classificada como um ponto fora do padrão. A licitação PE022/2022 apresenta um desconto significativo em relação ao valor estimado, homologando em R\$ 4.760.761, bem abaixo dos R\$ 7.934.602 previstos. Esse comportamento indica um leilão competitivo ou alguma estratégia específica de precificação por parte dos fornecedores. Já a licitação PE002/2022 possui o menor valor homologado entre os contratos identificados como outliers, com R\$ 200.229, o que indicou uma contratação de menor porte, o tempo de homologação foi 245 dias, um período significativamente superior à média das demais licitações. Por fim, a licitação PE020/2021 apresentou um valor com um desconto de aproximadamente 27% (de R\$ 16.365.727 para R\$ 11.946.981). Além disso, o tempo de homologação dessa licitação foi 43 dias, o maior entre os outliers, exceto a PE002/2022.

Quadro 4: As 5 licitações com maiores valores anômalos

Licitação	Descrição	Valor estimado	Valor homologado	Tempo
PE020/2024	Obras Civas	R\$ 40.206.749	R\$ 35.778.500	79 dias
PE010/2023	Obras Civas	R\$ 4.619.562	R\$ 4.573.366	16 dias
PE022/2022	Obras Civas	R\$ 7.934.602	R\$ 4.760.761	21 dias
PE002/2022	Obras Civas	R\$ 220.031	R\$ 200.229	245 dias
PE020/2021	Obras Civas	R\$ 16.365.727	R\$ 11.946.981	43 dias

Fonte: Elaborado pela autora.

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou as licitações realizadas na Bahia, com ênfase na detecção de anomalias nos processos de compras públicas. Por meio da aplicação de métodos estatísticos e algoritmos de detecção de outliers, Teste de Grubbs e o Local Outlier Factor (LOF), foi possível identificar padrões atípicos nos valores homologados e nos tempos de processamento das licitações.

Inicialmente, a análise dos valores homologados revelou diferenças significativas entre as modalidades de licitação. O Pregão Eletrônico se destacou pela concentração de valores mais baixos, enquanto a Concorrência Pública apresentou a maior variação nos montantes, refletindo a complexidade das contratações de grande porte. Entre os grupos de despesas, Obras e Serviços lideraram os gastos, seguidos por Material Permanente e Consumo, evidenciando a predominância de investimentos em infraestrutura e aquisição de bens duráveis.

Ao filtrar os dados para o Pregão Eletrônico e Obras e Serviços, identificou-se que a Secretaria da Segurança Pública, a Secretaria da Educação e a Secretaria da Saúde foram os órgãos com maior participação nas licitações, o que era esperado, dada a necessidade de contratações expressivas nessas áreas. Em contrapartida, órgãos como a Vice-Governadoria e a Secretaria de Políticas para as Mulheres tiveram participação reduzida nos processos licitatórios.

A análise de anomalias aplicada às licitações homologadas na Secretaria da Educação revelou que os contratos estavam predominantemente concentrados em infraestrutura escolar e serviços operacionais. O Teste de Grubbs identificou um outlier significativo, com um valor homologado de R\$ 35.778.500,10, sugerindo uma possível irregularidade ou especificidade do contrato.

A aplicação do Local Outlier Factor (LOF) reforçou a presença de outliers, indicando que algumas licitações apresentaram padrões incomuns tanto no valor homologado quanto no tempo de processamento. Os resultados mostraram que a maioria das licitações possui um LOF Score próximo de 1, indicando comportamento esperado, enquanto poucas observações ultrapassaram valores críticos, sugerindo possíveis irregularidades. Entre os casos mais notáveis, destaca-se a licitação PE020/2024 (Obras Civas), que apresentou o maior valor homologado (R\$ 35.778.500,10) e um prazo de homologação de 79 dias, e a PE022/2022 (Obras Civas), que teve um desconto expressivo (- R\$ 3.173.841,00) em relação ao valor estimado. Além disso, a licitação PE002/2022 (Obras Civas), embora de menor valor (R\$ 200.229,00), apresentou um tempo de homologação elevado de 245 dias, o que indica questões

burocráticas ou administrativas. Já a licitação PE020/2021 (Obras Civas) teve uma homologação abaixo do valor estimado, o que sugere possíveis inconsistências no processo de precificação.

Essa análise evidenciou que algumas licitações se destacam por homologarem valores muito superiores ou inferiores ao estimado, o que pode indicar inconsistências nos processos licitatórios. Além disso, a variação no tempo de homologação sugere que fatores administrativos e burocráticos influenciam diretamente no andamento dessas licitações.

Dessa forma, o presente trabalho contribui para a compreensão do comportamento dos processos licitatórios e reforça a importância do uso de ferramentas analíticas na fiscalização e no aprimoramento da transparência e eficiência das contratações públicas. O uso de técnicas estatísticas e de aprendizado de máquina pode auxiliar órgãos fiscalizadores a identificar padrões suspeitos e prevenir fraudes, promovendo maior segurança e integridade nas compras governamentais.

7.1 Perspectivas para Análises Futuras

Com base nos achados deste estudo, algumas direções para pesquisas futuras podem contribuir para um entendimento mais aprofundado das anomalias em licitações públicas e para o aprimoramento dos mecanismos de fiscalização e transparência.

- Aplicar o LOF e outras técnicas de detecção de anomalias em licitações de diferentes áreas, como infraestrutura, tecnologia e saúde, para verificar se as tendências identificadas na educação também se manifestam nesses setores.
- Investigar se as licitações com padrões atípicos possuem relação com fatores como denúncias de corrupção, transparência reduzida ou baixa concorrência nos processos.
- Desenvolver modelos preditivos baseados em dados históricos que possam estimar a probabilidade de uma licitação apresentar valores e prazos fora do padrão, possibilitando ações preventivas por órgãos fiscalizadores.

A adoção dessas abordagens pode contribuir significativamente para o aprimoramento dos processos licitatórios, fortalecendo a transparência, a fiscalização e a eficiência na gestão dos recursos públicos.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; SANTOS, R. M.; OLIVEIRA, J. P.; SOUZA, L. R. Detecção de anomalias em notas fiscais de licitações públicas utilizando técnicas de mineração de dados. *Anais do Encontro Regional de Banco de Dados (ERBD)*, 2024. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/erbd/article/view/28495>. Acesso em: 11 fev. 2025.

AMORIM, Sergio. *Manual de Licitações e Contratos*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

ANDRADE, João Marcos. Comparação entre a Lei 8.666/93 e a Lei 14.133/21: mudanças e impactos nas contratações públicas. *JusBrasil*, [2023]. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/comparacao-entre-a-lei-8666-93-e-a-lei-14133-21-mudancas-e-impactos-nas-contratacoes-publicas/1900848745>.

BARNETT, V.; LEWIS, T. *Outliers in statistical data*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

BRASIL. Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. Dispõe sobre a modalidade de licitação denominada pregão. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2002.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1 abr. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14133.htm.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regula as licitações e contratos da Administração Pública.

BRASIL. Tribunal de Contas da União (TCU). *Licitações e Contratos da Administração Pública: Guia para Servidores Públicos*. 1. ed. Brasília, 2010.

BREUNIG, M. M.; KRIEGEL, H.-P.; NG, R. T.; SANDER, J. LOF: Identifying Density-Based Local Outliers. In: *Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 2000, p. 93–104. DOI: 10.1145/342009.335388.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO (CGU). CGU e Polícia Federal combatem fraudes em licitações de terceirização. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cgu>. Acesso em: 11 mar. 2025.

COSTA, M.; SANTOS, P.; LIMA, F. Aplicação de métodos estatísticos na detecção de fraudes em licitações públicas. *Revista Brasileira de Administração Pública*, v. 15, n. 3, p. 89-112, 2021.

FERREIRA, A.; SOUZA, M. Fraudes em licitações: uma análise dos mecanismos de controle no Brasil. *Revista de Administração Pública*, v. 54, n. 3, p. 451-470, 2020.

FERREIRA, L., et al. Machine Learning aplicado à detecção de fraudes em licitações: um estudo de caso. *Revista de Ciência da Computação*, v. 17, n. 2, p. 45-63, 2020.

GRUBBS, F. E. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics*, v. 11, n. 1, p. 1–21, 1969. DOI: 10.1080/00401706.1969.10490657.

GRUBBS, F. E. Sample criteria for testing outlying observations. *The Annals of Mathematical Statistics*, v. 21, n. 1, p. 27-58, 1950.

HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. *Data Mining: Concepts and Techniques*. 4. ed. Morgan Kaufmann, 2022.

KOMSTA, L. outliers: Tests for outliers. R package version 0.14, 2011.

LIMA, Eduardo Alves. O diálogo competitivo e os desafios práticos de sua operacionalização. *JOTA*, maio de 2021.

LIMA, Jonas Sidnei Santiago de Medeiros. Licitações à luz do novo Estatuto da microempresa. [S.l.]: [s.n.], 2008. Disponível em: <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:redede.virtual.bibliotecas:livro:2008;000804161>.

LIMA, Jonas Sidnei Santiago de Medeiros. Licitações à luz do novo estatuto da microempresa (Lei Complementar nº 123/2006). **Campinas, SP: Servanda Editora, 2016. p. 94.**

LIMA, Walcir Gonçalves de. Gestão estratégica dos custos e recursos na administração pública. *Conexão e Pesquisa*, Araçatuba, v. 5, n. S, p. 130-140, mar. 2003.

MEIRELLES, Hely Lopes. *Direito administrativo brasileiro*. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:redede.virtual.bibliotecas:livro:2015;001023208>.

MELO, Izabela Martins de. Principais mudanças da nova lei de licitações: Melhorias e Barreiras da Lei 14.133/2021. Trabalho de conclusão de curso (Escola de Direito e Relações Internacionais). Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiás, 2021.

MONTEIRO, Diego Alvarenga Brito. Lei de Licitações (14.133/2021) Principais Mudanças. **Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Direito) – Escola de Direito e Relações Internacionais, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2021.**

NIST, National Institute of Standards of Technology. Grubbs Test. 2023. Disponível em: <https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman1/auxillar/grubtest.htm> Acesso em: 19 mar. 2025

OLIVEIRA, J.; MENDES, L. Corrupção e desvio de recursos públicos: impactos na economia e na sociedade brasileira. *Estudos sobre Governança*, v. 7, n. 2, p. 89-112, 2021.

PEREIRA, F. S.; LIMA, A. B.; FERREIRA, G. T.; SOARES, M. A. Redes complexas na identificação de conluios em licitações públicas: um estudo exploratório. *Anais do Workshop de Computação Aplicada em Governo Eletrônico (WCGE)*, 2022. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wcge/article/view/20707>. Acesso em: 11 fev. 2025.

RODRIGUES, Rodrigo Bordalo. Nova Lei de licitações e contratos administrativos: principais mudanças. **São Paulo: Expressa, 2021.**

RSTUDIO TEAM. *RStudio: Ambiente de Desenvolvimento Integrado para R*. Boston, MA: RStudio, PBC, 2020. Disponível em: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

FORTINI, Cristiana Silva; OLIVEIRA, Rafael Sérgio Lima de; CAMARÃO, Tatiana (coord.). Comentários à Lei de Licitações e Contratos Administrativos: Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. **Belo Horizonte: Fórum, 2021.**

SILVA, R., et al. *Gestão pública e os desafios no combate às fraudes em licitações*. Revista Brasileira de Políticas Públicas, v. 12, n. 1, p. 77-95, 2019.

SOUZA, D.; ALMEIDA, T. Uso de algoritmos supervisionados na identificação de fraudes em processos licitatórios. *Journal of Applied Data Science*, v. 5, n. 4, p. 77-95, 2019.

TORGO, L. DMwR2: Functions and Data for "Data Mining with R, 2nd edition". R package version 0.0.2, 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=DMwR2>.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.

WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.0.2, 2019.