

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA  
DIVISÃO DE ENSINO

**APRIMORAMENTO MATEMÁTICO-COMPUTACIONAL  
DE PREGÕES ELETRÔNICOS<sup>1</sup>**

Cad Int RAFAEL DE FREITAS KIMURA<sup>2</sup>  
Ten MMS RAPHAEL ALMEIDA MOREIRA<sup>3</sup>

**RESUMO**

Os princípios expostos na lei nº 14.133/21 definem um padrão de comportamento esperado do gestor público, dos quais se destacam o princípio da eficiência, da economicidade e da celeridade para nortear o presente estudo. O cumprimento desses princípios vai além do aspecto legal, sendo necessário que se tenha consciência do papel da Administração Pública a serviço da sociedade, pois faz uso de recursos públicos com o intuito de atender o interesse coletivo. Diversos autores apontam as fases de análise e julgamento das propostas como sendo críticas para o bom êxito das licitações, muitas vezes incorrendo em falhas na escolha de objetos que não atendem às necessidades que inicialmente motivaram o processo. Nesse sentido, buscam-se formas de aprimorar o processo de compras públicas e propor novos métodos de tomada de decisão. Este artigo tem o intuito de adequar os conhecimentos da área de Pesquisa Operacional e propor uma ferramenta capaz de realizar julgamentos imparciais e precisos no decorrer do processo. Por meio de uma pesquisa bibliográfica, foram estabelecidos os conhecimentos necessários para a aplicação do método proposto, bem como das fases cabíveis de aprimoramento. Foi feito, então, um estudo de caso, tomando por base bancos de dados e licitações já concluídas, adequando os dados das especificações técnicas de cada proposta. Por fim, a partir deste tratamento dos dados, foi feita uma análise qualitativa e quantitativa dos resultados obtidos, verificando a viabilidade do método sugerido. O estudo é motivado pela constante busca de aperfeiçoamento dos procedimentos já existentes e a aplicação de novos métodos, bem como a observância dos princípios citados.

**Palavras-chave:** Pesquisa Operacional, Pregões Eletrônicos, Eficiência, Economicidade, Celeridade.

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado para Avaliação Final do Trabalho de Conclusão de Curso, como pré-requisito para a conclusão do Curso de Formação de Oficiais Intendentes da Academia da Força Aérea de Pirassununga/ SP.

<sup>2</sup> Cadete do 4º Esquadrão de Oficiais Intendentes da Academia da Força Aérea – Pirassununga/ SP.

<sup>3</sup> Especialista em Metodologia de Ensino da Matemática e Física. Centro Universitário Internacional UNINTER; Licenciatura Plena em Matemática. E-mail: raphaelmoreiraram@fab.mil.br.

## **MATHEMATICAL-COMPUTATIONAL IMPROVEMENT OF ELECTRONIC BIDDING**

### **ABSTRACT**

*The principles set out in Law No. 14,133/21 define a standard of behavior expected from the public manager, of which the principle of efficiency, economy and celerity stand out for the present study. Compliance with these principles goes beyond the legal aspect; It is necessary to be aware of the role of Public Administration at the service of society, making use of public resources in order to meet the collective interest. Several authors point out the phases of analysis and judgment of the proposals as being critical for the success of the bids, often incurring in failures in the choice of objects that do not meet the needs that initially motivated the process. In this sense, ways are sought to improve the public procurement process and propose new methods of Decision Making. This article aims to adapt the knowledge of the Operations Research area and propose a tool capable of making impartial and accurate judgments during the process. Through bibliographic research, the necessary knowledge for the application of the proposed method will be established, as well as the appropriate stages of improvement. A case study will then be carried out, based on databases and already concluded bids, adapting the data from the technical specifications of each proposal. Finally, from this data treatment, a qualitative and quantitative analysis of the results will be made, verifying the viability of the suggested method. The study is motivated by the constant search for improvement of existing procedures and the application of new methods, as well as the observance of the aforementioned principles.*

**Keywords:** *Operations Research, Electronic Bidding, Efficiency, Economics, Celerity.*

## INTRODUÇÃO

A lei nº 14.133/21 é o documento que regulamenta os procedimentos e as normas referentes a licitações e contratações para a Administração Pública. No art. 5º da lei são elencados diversos princípios administrativos que deverão ser observados no decorrer dos processos de compras públicas, essenciais para o sucesso de todas as atividades empreendidas pela Administração. Dentre esses princípios, destacam-se alguns que serão importantes para o entendimento deste artigo: a eficiência, a economicidade e a celeridade.

É de suma importância que sejam conciliados tais princípios, assumindo uma postura administrativa que esteja em conformidade com o uso consciente, eficiente e conveniente dos recursos humanos, administrativos e patrimoniais da Administração Pública (JUSTEN FILHO, 2005). Cabe, assim, constantemente revisar os procedimentos já estabelecidos, buscando novas e melhores respostas para possíveis deficiências já existentes. A criação da modalidade licitatória do pregão eletrônico está relacionada a uma maneira de repensar os processos licitatórios de maneira moderna, tecnológica e eficiente. Essa modalidade tem passado por inúmeras legislações, desde sua origem com o Decreto nº 3555/2000 e depois através da Lei nº 10520/2002 como modalidade convencional, sendo ampliada com o Decreto nº 5450/2005 para a modalidade eletrônica, e atualmente regida pelo decreto nº 10.024/2019. Todas essas regulamentações representam um contínuo esforço para manter os processos atualizados e adequados ao contexto atual da Administração.

Apesar dessa nova forma de abordar o processo de compras, ainda são encontrados recorrentes erros processuais, mesmo frente aos procedimentos em fase de modernização e atualização. Algumas pesquisas, como a de Teixeira (2012) e de Rodrigues (2016), apontam para falhas no detalhamento na descrição do objeto da compra pública, em excesso ou em falta, como um fator crítico para o bom êxito do processo. O levantamento feito pelos autores demonstra que não são poucas as aquisições que, devido a falhas no planejamento, acabam adquirindo um objeto que não atende às necessidades iniciais do setor requisitante. Pedra (2008) trata dessa problemática apontando a importância dos princípios da isonomia e da razoabilidade na descrição do objeto, de modo a não afetar o processo licitatório, cerceando a possibilidade de participação dos interessados ou não definindo precisamente o objeto.

Pensando nesse problema, buscou-se uma solução que facilitasse a escolha do melhor produto. E entende-se o melhor produto não apenas aquele com menor preço, mas que, por

meio de uma análise de múltiplas variáveis, prove-se como sendo o mais vantajoso para a Administração Pública. Nas palavras de Justen Filho (2005), pode-se entender o conceito de vantajosidade como:

A vantagem caracteriza-se como a adequação e satisfação do interesse coletivo por via da execução do contrato. A maior vantagem possível configura-se pela conjugação de dois aspectos complementares. Um dos ângulos relaciona-se com a prestação a ser executada por parte da Administração; o outro se vincula à prestação a cargo do particular. A maior vantagem apresenta-se quando a Administração assume o dever de realizar a prestação menos onerosa e o particular, se obrigar a realizar a melhor e mais completa prestação. Configura-se, portanto, uma relação custo-benefício. A maior vantagem corresponde à situação de menor custo e maior benefício para a Administração (JUSTEN FILHO, 2005).

Tendo isso em mente, optou-se para o presente estudo uma abordagem matemático-computacional baseada na utilização de métodos e ferramentas de Programação Linear, aplicados no contexto de processos licitatórios, nas fases de análise e julgamento das propostas, como auxílio à tomada de decisão. Propõe-se que, pela aplicação de tais técnicas, seja possível analisar de maneira mais precisa e eficiente as especificações técnicas dos produtos das aquisições públicas e, assim, tornar os processos licitatórios mais confiáveis, econômicos e transparentes.

Por meio de uma revisão bibliográfica de autores como Goldbarg (2015) e Luenberger (2016), foram obtidos os conhecimentos necessários de Programação Linear, de modo a selecionar o método mais apropriado para a análise feita. Foi feito também um embasamento teórico na Lei Nº 14.133/21 e no Decreto Nº 10.024/19, bem como nos comentários às legislações de Justen Filho, publicadas em 2005 e 2020.

Este trabalho reflete na importância de difundir em meio à Administração Pública a tecnologia da informação e a modernidade, haja vista a necessidade de se revisar a atuação do gestor público em todas as suas frentes, proporcionando o melhor serviço ao contribuinte. Quando se pensa nos processos de aquisições públicas, é reconhecido que a criação dos pregões eletrônicos representa “uma das primeiras tentativas de incorporação do progresso tecnológico para modificar qualitativamente os instrumentos de produção jurídica”, como afirma Justen Filho (2005). Seguindo esse mesmo raciocínio, a iniciativa de propor um estudo que desenvolva e viabilize a implementação de um algoritmo matemático-computacional nada mais

é do que uma nova tentativa de aprimorar os procedimentos licitatórios já existentes e auxiliar os pregoeiros no processo decisório de modo eficiente e transparente.

Tendo isso em mente, levanta-se a seguinte questão: seria possível aprimorar a tomada de decisão e o planejamento de processos licitatórios, com o intuito de reduzir desperdícios de recursos administrativos e patrimoniais? Ressalta-se que a presente análise estará limitada aos processos licitatórios da modalidade de pregões eletrônicos, em específico, às fases de análise e julgamento das propostas, por estarem mais envolvidas com o propósito do algoritmo.

Como objetivo geral deste trabalho buscou-se que, ao final da pesquisa bibliográfica e de um estudo de caso, fosse possível aplicar um método matemático-computacional para auxílio na tomada de decisão de processos. Como objetivos específicos, as etapas do trabalho foram divididas como:

- a) Relacionar os métodos matemáticos de Programação Linear e de computação com os procedimentos de compras públicas;
- b) Analisar as propostas com base nas múltiplas variáveis presentes nas especificações técnicas do objeto, aplicando o método escolhido;
- c) Selecionar a proposta mais vantajosa, com base na análise matemática realizada, comparando a escolha feita a partir do método e a de fato praticada;
- d) Verificar a viabilidade da implementação do método como ferramenta de auxílio à tomada de decisão.

## **1 REFERENCIAL TEÓRICO**

Conforme o art. 5º da lei nº 14.133/21 de Licitações e Contratos Administrativos, observam-se nos processos de compras públicas diversos princípios norteadores da conduta administrativa do órgão contratante. Dentre esses, destacam-se a eficiência, a celeridade e a economicidade, que delimitaram a linha de pensamento deste artigo, tendo em vista o propósito da análise a ser feita. A observância de tais princípios vai além do aspecto legal; é necessário que se tenha consciência do papel da Administração Pública a serviço da sociedade, fazendo uso de recursos públicos com o intuito de atender o interesse coletivo. Cabe, portanto, total compromisso por buscar maneiras de aperfeiçoar os procedimentos já existentes e a aplicação de novos métodos.

O entendimento do princípio da eficiência abarca em si os demais conceitos, podendo ser definido como a prática de oferecer o melhor serviço possível, no menor tempo despendido, a um baixo custo. Apesar de na prévia lei nº 8.666/93 diversos princípios legais não estarem expressos explicitamente, é evidente que tal comportamento é adequado para os fins desejados da compra pública. Isso se confirma à luz da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que no caput do art. 37 estabelece:

Art. 37. A administração pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios obedecerá aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência [...] (BRASIL, 1988).

Sendo assim, a atualização da Lei de Licitações e Contratos Administrativos ao incluir tais princípios em sua redação apenas reitera e exige do servidor público um comportamento já conhecido e amplamente discutido. Tal postura deve ser adotada em todos os processos licitatórios e em cada uma de suas fases, a fim de minimizar custos patrimoniais e administrativos. No entanto, muitas vezes isso não se observa na prática, em que diversos processos são conduzidos de forma lenta e burocrática, incorrendo em diferentes erros, que acabam gerando gastos para a União, como de processos licitatórios impugnados, frustrados ou desertos, e até de aquisições incoerentes às necessidades que motivaram o processo.

É importante definir e distinguir os pregões eletrônicos das demais modalidades licitatórias, para que se entenda a necessidade de limitar tal análise. Assinado no ano de 2019, o Decreto nº 10024 é o documento federal mais atual na regulamentação do pregão, na forma eletrônica, estabelecendo a plataforma virtual como meio de operação do usuário. Sua regulamentação é embasada na Lei nº 10520, apropriando-se de todos os mecanismos legais anteriores e ampliando para a aplicação virtual da modalidade. O pregão eletrônico é uma modalidade de licitação pública, do tipo menor preço, que visa obter a proposta mais vantajosa na contratação de bens e serviços comuns, sendo executado por meio de consecutivos lances de propostas em plataforma própria (JUSTEN FILHO, 2005). O uso de recursos tecnológicos e o processo ocorrem virtualmente, proporcionando uma licitação mais rápida e direta, tanto para a Administração Pública, quanto para os licitantes.

Quanto as fases do pregão eletrônico, é interessante direcionar o embasamento e conceituá-las para que se tenha maior clareza quanto a área de atuação do algoritmo no processo como um todo. Partindo do ponto de que a pesquisa busca auxiliar os pregoeiros na escolha da melhor proposta, somente a fase externa será descrita. Após a elaboração e

publicação do edital, e previamente à abertura da sessão, são apresentados as propostas e os documentos de habilitação pelo licitante. Após devida análise das propostas, é feita a abertura da sessão pública por meio do portal *online* [comprasnet.gov.br](http://comprasnet.gov.br) a fim de que haja a fase competitiva de disputa de lances entre as melhores propostas. Definido o primeiro colocado, ocorre a aceitação das propostas e verificação da habilitação do fornecedor, em que pode haver desclassificações e inabilitações dos licitantes. Encerrada essa fase, e não havendo interposição recursal, o objeto é adjudicado ao licitante vencedor e o processo homologado.

Esse fluxo licitatório constitui-se, portanto, de 5 etapas principais: apresentação das propostas, análise das propostas, abertura da sessão pública, fase competitiva, julgamento das propostas, habilitação dos licitantes, fase recursal, adjudicação do objeto e homologação do processo. Dentre essas fases, o foco para aplicação do algoritmo será dado nas fases de análise das propostas e julgamento das propostas, sendo o momento em que o pregoeiro analisa as características de cada produto, vindo a finalmente, selecionar a que apresentar melhor oferta após disputa de lances. A respeito da seleção do menor preço, é importante ressaltar o embasamento legal quanto ao preço base e exequibilidade.

O Decreto nº 10024/19 em suas definições iniciais estabelece-se que no termo de referência, sendo este o documento elaborado com base nos estudos técnicos preliminares, deve constar, dentre outras informações básicas, o valor estimado do objeto da licitação demonstrado em planilhas, de acordo com preço médio de mercado. Sendo assim, o preço base é definido por meio de pesquisa de preço, tanto de aquisições públicas anteriores quanto de fontes confiáveis, de modo a buscar a melhor oferta para a Administração.

Posteriormente, no Capítulo VIII do mesmo decreto, é descrita a fase competitiva dos pregões eletrônicos e como se dão os envios de lances por parte dos fornecedores, e no capítulo seguinte, o julgamento das propostas, a negociação entre o pregoeiro e o fornecedor que ora tenha apresentado melhor preço. De modo a assegurar que a contratação atenda aos interesses propostos pela licitação, o pregoeiro poderá realizar diligências para verificar a exequibilidade da melhor proposta, podendo exigir, por exemplo, uma planilha de custos detalhada. Caso seja identificada a inexecuibilidade da proposta, o pregoeiro poderá desclassificar o fornecedor, sendo de especial importância para não culminar numa contratação que não satisfaça os interesses da Administração, motivo pelo qual muitas vezes o menor preço não, necessariamente, corresponde ao melhor preço.

Optou-se realizar o estudo com base em pregões eletrônicos, pois a regulamentação dessa modalidade, por si só, é uma tentativa bem-sucedida de desenvolver um procedimento que seja ágil e de fácil operacionalidade, aplicando assim, os princípios da eficiência, economicidade e celeridade. Além da modernidade e velocidade que os pregões eletrônicos proporcionam, o tipo de compras públicas feitas nessa modalidade adequa-se à análise deste trabalho, sendo de fácil estruturação e tratamento de dados. Estabelecido por lei, os pregões eletrônicos destinam-se à aquisição de bens e serviços comuns, cuja definição é apresentada na própria legislação pelo inciso II, art. 3º, do Decreto nº 10.024/19, sendo seu entendimento essencial para a aplicação do método desta pesquisa:

Art. 3º Para fins do disposto neste Decreto, considera-se:

[...] II - bens e serviços comuns - bens cujos padrões de desempenho e qualidade possam ser objetivamente definidos pelo edital, por meio de especificações reconhecidas e usuais do mercado (BRASIL, 2019).

O próprio conceito de bens e serviços comuns pressupõe a descrição objetiva e especificações claras do item licitado. Isso permite que as informações de um dado item de compra sejam isoladas e dados o devido tratamento, permitindo seu estudo e análise.

Dentre as inúmeras soluções para o problema a ser estudado, foi escolhida uma abordagem matemático-computacional, por meio da qual pretende-se verificar a possibilidade de se adequar os conhecimentos da área de Pesquisa Operacional, a fim de auxiliar a Tomada de Decisão e propor uma ferramenta capaz de realizar julgamentos imparciais e precisos no decorrer do processo. Os conceitos de Programação Linear envolvem problemas de múltiplas variáveis interdependentes, buscando a melhor solução factível ao sistema, tendo sido vastamente aplicados em diversas áreas. Sua aplicabilidade é exemplificada por Luenberger (2016) da seguinte forma:

*Linear programming has long proved its merit as a significant model of numerous allocation problems and economic phenomena. The continuously expanding literature of applications repeatedly demonstrates the importance of linear programming as a general framework for problem formulation.*  
(LUENBERGER, 2016, p. 14).

Nas palavras do autor, a Programação Linear é capaz de se adaptar a diversos problemas, e a contínua aplicação em diferentes áreas têm provado sua importância para a solução e formulação de problemas. É inquestionável a utilidade da ferramenta como artifício matemático na resolução de problemas diversos. Sugere-se, portanto, a tentativa de trazer ferramentas de modelagem matemática oferecidos pela Pesquisa Operacional, de forma viável,

aos procedimentos realizados nas fases de análise e julgamento das propostas, como auxílio na tomada de decisão por parte dos órgãos competentes. E, para isso, é essencial que se dê especial atenção à elaboração do Termo de Referência, em específico, no que tange às especificações técnicas do objeto a ser licitado.

Diversos problemas ocorridos em licitações derivam de descrições incorretas ou imprecisas do objeto, tanto especificações insuficientes quanto excessivas. Trabalhos como o de Teixeira (2012) e de Rodrigues (2016), exploram o assunto e demonstram como falhas nessa etapa podem afetar todo o processo. Ao tratar do assunto, Justen Filho (2005) afirma que selecionar a proposta mais vantajosa para a Administração Pública envolve buscar não apenas vantagem econômica, como também o melhor serviço, de modo a obter o melhor preço, e não o menor necessariamente. Assim, a especificação do objeto é etapa crítica para que o processo se concretize, pois não é cabível que a Administração perceba gastos processuais na elaboração de um projeto que, ao fim, fornecerá um produto que não atenda plenamente as necessidades iniciais do setor requisitante. Isso inclui dizer que a análise e julgamento das propostas deve ser feito com cuidado tal, de modo a não comprometer a aquisição pública adjudicando o objeto a um licitante que forneça um produto diferente do esperado.

Por fim, espera-se que o uso de ferramentas matemático-computacionais advindas da Programação Linear possam aprimorar os processos licitatórios e a tomada de decisão. É preponderante que se busque tal maturidade institucional e continuamente sejam revisados os métodos e procedimentos e que, em cada etapa do processo, sejam aplicados os princípios fundamentais da eficiência, economicidade e celeridade.

## **2 DESENVOLVIMENTO DO ALGORITMO**

Como fundamento deste estudo, é necessário inicialmente expor o embasamento legal e as conceituações que dão sentido ao algoritmo. Assim, a reflexão dos princípios administrativos e explanação das etapas do fluxo licitatório, focada nas fases de análise e julgamento das propostas, contribuem para o entendimento das falhas processuais que o programa busca minimizar. Em seguida, conceituam-se aspectos básicos que envolvem a programação, de modo a facilitar a compreensão dos testes do algoritmo e do estudo de caso realizado.

## 2.1 Conceituação do Algoritmo

Procedendo para o desenvolvimento e aplicação do algoritmo computacional que possibilitará a análise pretendida, foi optada a linguagem computacional *Python*, tendo seus *scripts* formulados por meio da plataforma *Python 3.9* e visualizados no ambiente *Kaggle*, disponibilizado online para desenvolvimento e compartilhamento de bancos de dados. Foram utilizadas as bibliotecas *NumPy* e *Pandas*, especializadas no tratamento e manipulação de dados, estruturados e não-estruturados, sendo essenciais para estabelecer a base do algoritmo e aplicar aos bancos de dados que serão analisados, tanto dos testes quanto do estudo de caso realizado. Para a estruturação e organização dos dados, foi usada também a plataforma *R Studio 4.0.3*, somente para facilitar a visualização dos dados ao longo do estudo.

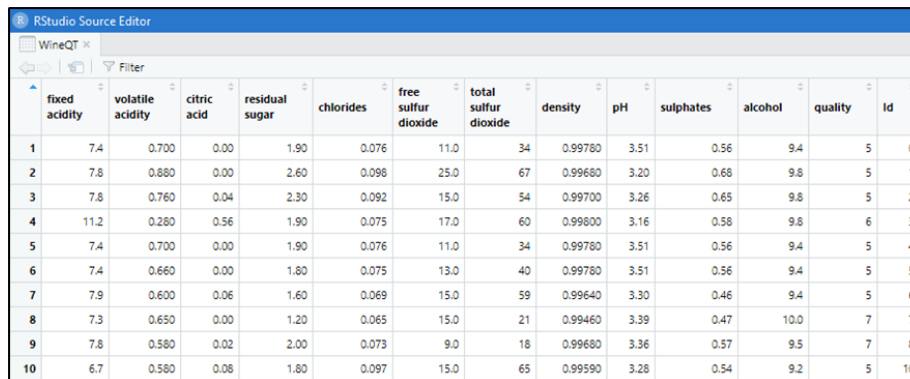
Tendo em vista o escopo do trabalho, o intuito não é apresentar uma explicação exaustiva de todos os pormenores da programação e do algoritmo em si. De maneira a melhor relacionar a Programação Linear, os cálculos utilizados para otimização das variáveis representam o escore padrão dos atributos de cada entidade, calculado diretamente por fórmulas computacionais. No presente estudo, todas as análises serão feitas com dados estruturados, permitindo uma abordagem mais direta e dinâmica e dispensando possíveis explicações quanto a organização e apresentação dos dados. Sendo assim, será possível estabelecer o foco na maneira como a análise será feita, bem como dos resultados obtidos e do que se pode concluir disso.

Para facilitar o entendimento do trabalho, é importante apresentar alguns conceitos básicos e o caminho lógico percorrido para sua elaboração. Como o intuito é propor uma ferramenta que auxilie o processo decisório de pregões eletrônicos, o raciocínio para o algoritmo opera sobre dados estruturados comuns aos processos licitatórios, tais como planilhas técnicas detalhando os produtos de cada fornecedor. Isso possibilita que sejam usados métodos padronizados para analisar cada um dos objetos e obter um resultado imparcial. As tabelas que serão examinadas estão estruturadas da seguinte forma:

- Para cada linha, tem-se uma entidade, sendo nosso objeto de interesse o produto de cada licitante;
- Para cada coluna, tem-se um atributo, descrevendo uma característica própria de cada entidade, como preço e especificações técnicas.

A Figura 1 apresenta um exemplo de tabela de banco de dados que será testada:

Figura 1 – Exemplo de banco de dados estruturado

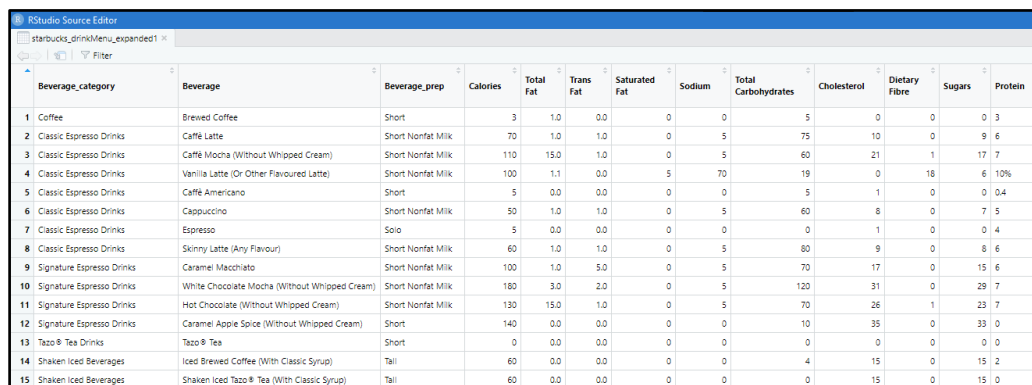


	fixed acidity	volatile acidity	citric acid	residual sugar	chlorides	free sulfur dioxide	total sulfur dioxide	density	pH	sulphates	alcohol	quality	Id
1	7.4	0.700	0.00	1.90	0.076	11.0	34	0.99780	3.51	0.56	9.4	5	0
2	7.8	0.880	0.00	2.60	0.098	25.0	67	0.99680	3.20	0.68	9.8	5	1
3	7.8	0.760	0.04	2.30	0.092	15.0	54	0.99700	3.26	0.65	9.8	5	2
4	11.2	0.280	0.56	1.90	0.075	17.0	60	0.99800	3.16	0.58	9.8	6	3
5	7.4	0.700	0.00	1.90	0.076	11.0	34	0.99780	3.51	0.56	9.4	5	4
6	7.4	0.660	0.00	1.80	0.075	13.0	40	0.99780	3.51	0.56	9.4	5	5
7	7.9	0.600	0.06	1.60	0.069	15.0	59	0.99640	3.30	0.46	9.4	5	6
8	7.3	0.650	0.00	1.20	0.065	15.0	21	0.99460	3.39	0.47	10.0	7	7
9	7.8	0.580	0.02	2.00	0.073	9.0	18	0.99680	3.36	0.57	9.5	7	8
10	6.7	0.580	0.08	1.80	0.097	15.0	65	0.99590	3.28	0.54	9.2	5	10

Fonte: Produzido pelo autor com dados experimentais de P. Cortez, A. Cerdeira, F. Almeida, T. Matos e J. Reis, *Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties* (2009).

Como essa é uma estrutura elementar, para fins de testes e desenvolvimento do algoritmo, é possível utilizar qualquer banco de dados que se enquadre nesses padrões, sendo necessárias poucas adequações. No entanto, um importante esforço prévio a análise está no tratamento de dados. Caso um banco de dados seja não-estruturado, é preciso antes filtrar, separar e padronizar as informações, dispondendo-as de maneira adequada à visualização e manipulação dos dados. A padronização dos dados, por sua vez, segue como etapa crítica no processamento de dados, sem a qual pode decorrer certas distorções nos resultados, por priorizar entidades que destoam do restante e resultando em erros de cálculo que podem comprometer toda a análise. A Figura 2 apresenta um exemplo de banco de dados não padronizado que poderia distorcer a análise:

Figura 2 – Exemplo de banco de dados não padronizado



Beverage_category	Beverage	Beverage_prep	Calories	Total Fat	Trans Fat	Saturated Fat	Sodium	Total Carbohydrates	Cholesterol	Dietary Fibre	Sugars	Protein	
1	Coffee	Brewed Coffee	Short	3	1.0	0.0	0	0	5	0	0	0	3
2	Classic Espresso Drinks	Caffè Latte	Short Nonfat Milk	70	1.0	1.0	0	5	75	10	0	9	6
3	Classic Espresso Drinks	Caffè Mocha (Without Whipped Cream)	Short Nonfat Milk	110	15.0	1.0	0	5	60	21	1	17	7
4	Classic Espresso Drinks	Vanilla Latte (Or Other Flavoured Latte)	Short Nonfat Milk	100	1.1	0.0	5	70	19	0	18	6	10%
5	Classic Espresso Drinks	Caffè Americano	Short	5	0.0	0.0	0	0	5	1	0	0	0.4
6	Classic Espresso Drinks	Cappuccino	Short Nonfat Milk	50	1.0	1.0	0	5	60	6	0	7	5
7	Classic Espresso Drinks	Espresso	Soia	5	0.0	0.0	0	0	0	1	0	0	4
8	Classic Espresso Drinks	Skinny Latte (Any Flavour)	Short Nonfat Milk	60	1.0	1.0	0	5	80	9	0	8	6
9	Signature Espresso Drinks	Caramel Macchiato	Short Nonfat Milk	100	1.0	5.0	0	5	70	17	0	15	6
10	Signature Espresso Drinks	White Chocolate Mocha (Without Whipped Cream)	Short Nonfat Milk	180	3.0	2.0	0	5	120	31	0	29	7
11	Signature Espresso Drinks	Hot Chocolate (Without Whipped Cream)	Short Nonfat Milk	130	15.0	1.0	0	5	70	26	1	23	7
12	Signature Espresso Drinks	Caramel Apple Spice (Without Whipped Cream)	Short	140	0.0	0.0	0	0	10	35	0	33	0
13	Tazo® Tea Drinks	Tazo® Tea	Short	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0
14	Shaken Iced Beverages	Iced Brewed Coffee (With Classic Syrup)	Tall	60	0.0	0.0	0	0	4	15	0	15	2
15	Shaken Iced Beverages	Shaken Iced Tazo® Tea (With Classic Syrup)	Tall	60	0.0	0.0	0	0	0	15	0	15	0

Fonte: Produzido pelo autor com dados nutricionais do cardápio da Starbucks, fornecidos pela própria empresa no site *Kaggle* em 2017.

Pode-se observar pela Figura 2 que o banco de dados gerado inclui erros propositais de formatação para demonstrar como pequenas falhas de padronização poderiam incorrer em erros processuais no algoritmo. Alguns dos erros mais comuns, que podem ser facilmente evitados e estão presentes na tabela acima, são a falta de definição de unidades de medida e de limitação dos parâmetros analisados. Neste caso, foram omitidos propositalmente as unidades de medida, o que pode ocasionar interpretações equivocadas dos valores presentes no banco de dados e a comparação entre diferentes medidas, agravando a distorção da análise. A falta de limitação de certos parâmetros permite que valores muito destoantes se destaquem na tabela e forneça um resultado inesperado.

Posto isso, pode-se entender cada uma das etapas da programação. Inicialmente, para cada coluna da tabela é estabelecido um gradiente aceitável de valores para aquele atributo, tendo como parâmetro ideal o ponto zero do gradiente. Conforme cada uma das entidades se distancia ou aproxima desse parâmetro, recebe um grau positivo modulado, a depender do desvio para aquele atributo. Esse procedimento é executado para cada atributo de todas as entidades, obtendo um grau de otimização parcial. Em seguida, os graus de otimização parcial de cada atributo, de cada entidade, são somados, gerando o grau de otimização total do objeto. Os objetos são, então, classificados por ordem crescente dos graus de otimização total, e como segundo filtro, por ordem crescente dos preços.

Uma última análise é feita com relação aos preços, acerca da margem de preferência e adequação a pesquisa do preço de mercado, em respeito ao art. 11, inciso III, da Lei nº 14.133/21 de Licitações e Contratos Administrativos:

Art. 11. O processo licitatório tem por objetivos:

[...] III - evitar contratações com sobrepreço ou com preços manifestamente inexequíveis e superfaturamento na execução dos contratos (BRASIL, 2021).

Por fim, o algoritmo apresenta qual seria a melhor proposta, tendo levado em conta a otimização de cada um dos atributos das especificações técnicas, a adequação do preço e a maior economia para a Administração Pública.

## **2.2 Teste e Aplicação do Algoritmo**

Para a realização dos testes do algoritmo, optou-se por utilizar dois bancos de dados semelhantes ao que será trabalhado no estudo de caso. Assim, foram selecionadas duas extensas tabelas de gêneros alimentícios especificando diferentes características de diversas opções para

um mesmo produto, de modo que seja possível identificar aquele que mais se aproxima da otimização desejada. Todas as tabelas são de domínio público e foram obtidas no site *Kaggle*, especializado em programação e *data science*.

Inicialmente, foi feito um tratamento do banco de dados, separando as colunas que serão utilizadas para o teste e as que seriam desprezadas. Os dados das colunas selecionadas foram normalizados para evitar distorções na análise, tendo sido utilizadas as bibliotecas nativas do *R Studio*, para operar comandos simples de manipulação do banco de dados. Para facilitar a transposição dos dados e leitura pelo algoritmo, os arquivos contendo os bancos de dados foram salvos na extensão *.csv*, que pode ser convertida diretamente em qualquer interpretador de texto. Um recorte das linhas de código na linguagem R, versão 1.4.1103, utilizadas nesse processo é apresentado na Figura 3. O gráfico da distribuição normal referente ao banco de dados do primeiro teste foi reproduzido na Figura 4 para demonstrar a adequação das informações para operação do algoritmo.

Figura 3 – Manipulação do banco de dados para normalização

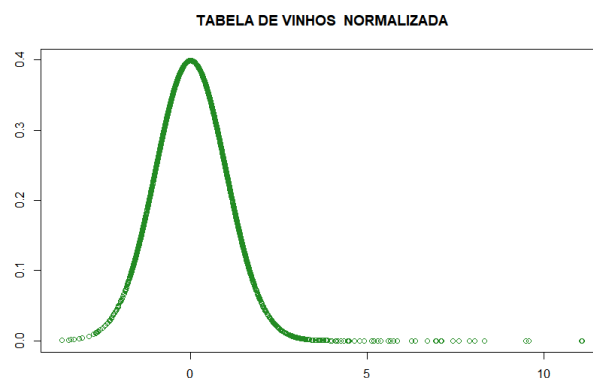
```

R Database - RStudio Source Editor
dados_normalizados.R*
Source on Save
1 library(readr)
2 WineQT <- read_csv("WineQT.csv")
3 ref <- subset(WineQT, select=c("quality", "Id"))
4 ref$Id <- c(1:1143)
5 ref <- ref[, c(2,1)]
6
7 WineQT$quality <- NULL
8 WineQT$Id <- NULL
9 vinhos <- scale.default(WineQT)
10 vinhos <- transform(vinhos)
11
12 write.csv(vinhos,"C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\vinhos.csv", row.names = FALSE)
13 write.csv(ref,"C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\ref.csv", row.names = FALSE)

```

Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 4 – Distribuição Normal dos Dados



Fonte: Produzido pelo autor.

Quanto ao cálculo utilizado para normalização dos dados e, posteriormente, utilizado para a definição dos graus de otimização, utilizou-se o comando *scale.default()* na linguagem R que executa a equação (1) para o cálculo do escore padrão, representado pela variável  $z$ :

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

Onde  $\mu$  e  $\sigma$  são, respectivamente, a média e desvio padrão do atributo. A variável  $x$  é o próprio valor do atributo ao qual se calcula o grau de otimização. Esse valor poderia ser multiplicado por um coeficiente, a fim de dar prioridade para certos atributos, de modo que o grau de otimização poderia ser obtido pela equação (2):

$$g = \sum_{i=0}^n c_i \cdot z_i \quad (2)$$

Na equação (2),  $g$  representa o grau de otimização do item por meio da soma dos graus parciais de cada atributo, representados pelo produto  $c_i \cdot z_i$  entre um coeficiente  $c$  e escore padrão deste atributo. No caso dos testes e do estudo de caso apresentados a seguir, todos os coeficientes mantiveram-se iguais a 1, para manter a simplicidade e sendo esse um recurso com maior utilidade para direcionar as adequações reais de um determinado produto. Dessa forma, ao se comparar cada um dos graus de otimização, é obtido um sistema linear muito semelhante às modelagens matemáticas com as quais a Programação Linear busca resolver.

No entanto, se faz necessário destacar a profunda diferença conceitual que existe entre o objetivo da Programação Linear e o objetivo do algoritmo aqui desenvolvido. Os problemas resolvidos pela PL buscam minimizar, ou maximizar, uma modelagem matemática através de diferentes variáveis interdependentes. Por outro lado, o presente estudo, após a modelagem matemática apresentada, irá recorrer somente aos cálculos computacionais para definir qual o melhor item. Sendo assim, foi essencial o entendimento de modelagem matemática obtido por meio da Pesquisa Operacional para formular o problema e o algoritmo para solucioná-lo. Contudo, o aprofundamento dado na maioria dos problemas resolvidos por tais ferramentas não se faz pertinente para o prosseguimento deste trabalho, que deste ponto em diante fará uso somente da programação computacional.

### 2.3.1 Teste 1 – Qualidade do Vinho

Para o primeiro teste, foi selecionado um banco de dados que compila as características químicas de variações do Vinho Verde português e o impacto que sua composição tem na qualidade final do produto. Como aplicação do algoritmo, foram analisadas 11 variáveis, cujos gradientes foram definidos pelo próprio escore padrão de cada coluna. Os arquivos dos dados normalizados foram carregados na plataforma *Kaggle*, sendo usados como base de cálculo os dados normalizados de cada atributo para aferir o grau de otimização parcial. O grau de otimização total foi obtido pela soma direta dos graus parciais, e comparando a qualidade atribuída à própria entidade pela tabela. A Figura 5 apresenta um recorte do algoritmo e a Figura 6 demonstração a comparação do seu resultado com o banco de dados utilizado.

Figura 5 – Algoritmo de cálculo dos graus de otimização

```

vinhos = pd.read_csv("/kaggle/input/teste1/vinhos.csv")
ref1 = pd.read_csv("/kaggle/input/teste1/ref.csv")

graus = pd.DataFrame(data = vinhos.sum(axis = 1))
graus = graus.rename(columns = {0 : "otimização"})
graus = graus.abs()

df1 = {"ID": ref1["Id"],
      "Otimização": graus["otimização"],
      "Qualidade": ref1["quality"]}
df1 = pd.DataFrame(data = df1)

teste1 = df1.sort_values(by = "Otimização")
teste1.head(10)

```

Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 6 – Resultado comparativo do primeiro teste

	ID	Otimização	Qualidade
416	581	0.001394	5
415	580	0.001394	5
886	1254	0.005522	5
774	1096	0.008734	6
773	1094	0.008734	6
1138	1592	0.011922	6
463	653	0.017627	6
933	1316	0.027201	6
445	629	0.029161	5
666	944	0.029193	7

Fonte: Produzido pelo autor.

Pelo resultado obtido, é possível perceber que o algoritmo, segundo o critério aplicado para cada um dos critérios analisados, foi possível identificar os 10 primeiros produtos com melhor grau de otimização. Comparativamente, sua qualidade no banco de dados original é relativamente baixa, devido ao critério subjetivo aplicado à análise. É importante notar que a aplicação do método despreza aspectos subjetivos, utilizando somente parâmetros arbitrários para os cálculos realizados, sendo essencial estabelecer corretamente os objetivos para a análise a ser feita.

### 2.3.2 Teste 2 – Preferência de Cereal

Como segundo teste para o algoritmo, selecionou-se um banco de dados que compila preferências de cereal entre consumidores americanos, tendo sido optado por ser consideravelmente menor e por conter dados não-numéricos, a fim de exemplificar outros tipos de análises que são possíveis. Aplicando o mesmo algoritmo, com pequenas adequações, e normalizando os dados, foi possível executar os parâmetros estabelecidos, obtendo um resultado comparativo entre o critério aplicado e pontuação dada pelos consumidores.

No caso dos dados não-numéricos, havia duas variáveis: fabricante e tipo de cereal (frio ou quente). Para englobar esses dados na análise, estabeleceram-se critérios eliminatórios para exemplificar o enquadramento das necessidades do produto sem direcionar a marca escolhida. O resultado da análise está exposto na Figura 7:

Figura 7 – Resultado comparativo do segundo teste

ID	Otimização	Pontuação	Fabricante	Tipo
9	10	1.428222	53.313813	P C
60	61	2.055557	55.333142	K C
32	33	3.091843	52.076897	P C
64	65	3.132586	74.472949	N C
65	66	3.393918	72.801787	N C
26	27	3.527971	58.345141	K C
67	68	3.883852	53.131324	K C
75	76	4.063529	51.592193	G C
11	12	4.633249	50.764999	G C
50	51	5.221782	59.642837	K C

Fonte: Produzido pelo autor.

Para o segundo teste, buscou-se combinar diferentes tipos de análise para apresentar como o algoritmo pode ser aplicado em diferentes contextos. Além da análise matemática, feita de igual modo ao teste anterior, foram aplicados dois filtros: primeiro, selecionando os produtos com avaliação dos consumidores acima de 50 pontos, e posteriormente, selecionando os produtos do tipo C (cereais frios). Assim, demonstra-se que o programa consegue selecionar os 10 melhores itens que atendem a necessidade do produto e que satisfazem padrões mínimos de qualidade em relação ao mercado. Esses parâmetros em muito se assemelham aos parâmetros de pregões eletrônicos, no que diz respeito a qualidade e adequação técnica, podendo ser usados outros critérios, como o preço, que será trabalhado no estudo de caso.

### 2.3.3 Estudo de Caso – Escolha de Fornecedor de Leite

Por fim, como terceiro exemplo optou-se por um estudo de caso baseado em pregões eletrônicos para aquisição de gêneros alimentícios, em específico, laticínios e derivados. As informações dos produtos foram obtidas de um banco de dados que avalia a qualidade de centenas de fornecedores de leite, sendo parametrizado uma nova variável para o preço. Em consulta *online* ao Painel de Preços, atualizado no dia 11 de julho de 2022, foram identificados 296 pregões nos anos de 2021 e 2022 para aquisição de variadas unidades de caixas de 1 litro de leite, tendo sido empregados aproximadamente R\$ 22 milhões nas compras homologadas. Com base no preço médio obtido nessa consulta, e ampliando os valores em relação aos preços praticados no mercado, estabeleceram-se preços mínimos e máximos, como se observa na maioria dos processos.

Para ser fiel à realidade do pregoeiro no exercício da licitação, foram aplicados parâmetros menos subjetivos e levando em consideração o menor preço, estabelecendo também uma qualidade mínima e um preço mínimo. Para as variáveis de “pH” e “Temperatura”, foram definidos valores mínimos e máximos para as variáveis, buscando-se graus de otimização para consumo do produto. Os aspectos de “Sabor” e “Cheiro”, simplesmente deveriam atender ao requisito de apresentarem padrões aceitáveis de qualidade, representado pelo valor 1; já os outros aspectos de “Gordura”, “Turbidez” e “Cor” não foram levados em consideração por serem puramente subjetivos.

O último filtro aplicado na análise foram os critérios mínimos de avaliação da qualidade do produto e o menor preço fornecido. Para a qualidade, foram filtrados os itens com melhor avaliação de mercado, representado pelo valor “high”. Já com relação ao menor preço,

estabeleceu-se um preço mínimo com base em pesquisa de preço médio de mercado por meio de consulta ao Painel de Preços, e tabelando os produtos restantes por ordem crescente de preço.

Ao fim deste processo, obteve-se a tabela comparativa dos 10 melhores itens classificados, segundo o critério aplicado ao algoritmo, que está apresentada na Figura 8.

Figura 8 – Resultado otimizado do estudo de caso

	ID	Otimização	pH	Temperatura	Sabor	Cheiro	Gordura	Turbidez	Cor	Avaliação	Preço
<b>182</b>	183	0.371160	6.6	37	1	1	1	1	255	high	8.12
<b>303</b>	304	0.113396	6.8	40	1	1	1	1	255	high	8.64
<b>754</b>	755	0.160169	6.8	45	1	1	1	0	245	high	8.82
<b>867</b>	868	0.340815	6.8	45	1	1	1	0	245	high	10.54
<b>1036</b>	1037	0.326835	6.8	40	1	1	1	1	255	high	10.66
<b>538</b>	539	0.052723	6.8	40	1	1	1	1	255	high	11.06
<b>994</b>	995	0.112609	6.5	38	1	1	1	1	255	high	11.13
<b>418</b>	419	0.175443	6.6	37	1	1	1	1	255	high	11.63
<b>23</b>	24	0.214093	6.6	45	1	1	1	1	245	high	12.95
<b>333</b>	334	0.181659	6.6	37	1	1	1	1	255	high	13.12

Fonte: Produzido pelo autor.

Por outro lado, utilizando os mesmos dados e o mesmo código, é possível remover os filtros e selecionar o item com menor preço absoluto, observando o preço médio do mercado de R\$ 5,49 para o item, obtido em consulta ao Painel de Preços. Para essa análise comparativa, selecionaram-se os 10 melhores itens cuja avaliação de mercado era “high” e cujo preço era, no mínimo, equiparado ao preço médio. O resultado da análise segue exposto na Figura 9.

Figura 9 – Resultado comparativo do estudo de caso

	ID	Otimização	pH	Temperatura	Sabor	Cheiro	Gordura	Turbidez	Cor	Avaliação	Preço
<b>609</b>	610	2.340206	6.8	45	0	1	1	1	255	high	5.50
<b>425</b>	426	0.294391	6.6	35	0	1	1	1	255	high	5.59
<b>883</b>	884	2.295148	6.6	40	1	1	1	1	255	high	5.59
<b>579</b>	580	3.579915	6.7	38	1	0	1	0	255	high	5.59
<b>931</b>	932	1.877851	6.8	45	1	1	1	0	245	high	5.64
<b>504</b>	505	2.139031	6.5	38	1	1	1	1	255	high	5.69
<b>895</b>	896	3.566484	6.5	38	1	1	1	1	255	high	5.72
<b>583</b>	584	2.002408	6.5	38	1	1	1	1	255	high	5.74
<b>364</b>	365	0.107088	6.6	37	1	0	1	0	255	high	5.81
<b>561</b>	562	2.270536	6.6	45	0	1	1	1	250	high	5.91

Fonte: Produzido pelo autor.

Apesar do preço ser consideravelmente inferior ao obtido inicialmente (32,3%), é evidente como todos os outros parâmetros divergiram quanto às exigências iniciais, principalmente o grau de otimização dos itens selecionados. A partir disso, é possível concluir dois aspectos que serão essenciais para se discutir os resultados obtidos pelo algoritmo ao longo dos testes apresentados. Primeiro, é crucial que os critérios estabelecidos para o cálculo dos graus de otimização sejam precisos e estejam em conformidade com a especificação técnica do item requisitado, podendo haver grandes distorções no resultado. Por fim, a principal conclusão deste teste e, em suma, de todo o estudo – o menor preço não corresponde, necessariamente ao melhor produto, sendo muito provável a perda de qualidade por economias irrisórias.

## 2.4 Métodos de Análise do Objeto de Estudo

A pesquisa tem natureza aplicada e objetivos experimentais, tratando-se de uma tentativa de conjugar os conceitos de Programação Linear com certas etapas de processos licitatórios. Para isso, o estudo foi conduzido da seguinte forma:

1. Foi feita uma pesquisa bibliográfica, para que se tenha conhecimento geral das aplicações dos recursos matemáticos fornecidos pela Programação Linear, tendo como referência os autores Goldberg (2015) e Luenberger (2016), e assim, identificar a melhor maneira de aplicá-los.
2. Foi feito um estudo aprofundado na área dos processos licitatórios, em especial da modalidade de pregões eletrônicos, estando embasado na Lei Nº 14.133/21 e no Decreto Nº 10.024/19, bem como nas obras de Justen Filho de 2005 e 2020.
3. Desenvolveu-se o algoritmo computacional nas linguagens *Python* e *R Studio* que possibilitou a análise e os testes que verificaram o funcionamento, precisão e eficiência do programa.
4. Por seguinte, por meio de um estudo de caso baseado em licitações anteriores, aplicaram-se os métodos selecionados aos dados oriundos das especificações técnicas de cada proposta.
5. Analisar qualitativa e quantitativamente os resultados obtidos, comparando os resultados obtidos através do método com aqueles de fato praticados.

6. Julgar, então, a viabilidade da aplicação do método por meio de uma análise qualitativa.

## **2.5 Análise de Resultados**

Após desenvolver o algoritmo e executar, com sucesso, três testes com diferentes bancos, aplicando critérios específicos para cada um deles, é possível afirmar alguns aspectos acerca dos resultados obtidos. Tendo sido possível selecionar, nos três casos apresentados, os primeiros 10 itens que mais se enquadravam nos critérios estabelecidos, entende-se que é possível adequar um algoritmo matemático-computacional ao contexto de pregões eletrônicos para auxílio à tomada de decisão, sendo este o objetivo principal do estudo. Sua viabilidade, no entanto, ainda carece de maior desenvolvimento do algoritmo que, essencialmente, ainda é bastante simples e pouco acessível para um usuário que não estivesse familiarizado a linguagem de programação.

Também foi possível demonstrar que, quanto a padrões de qualidade e exigências técnicas de um produto, o algoritmo é de grande auxílio para direcionar a melhor opção, sendo fundamental a correta definição dos critérios que serão utilizados durante o cálculo. Caso contrário, outros fatores menos relevantes poderiam ser levados em consideração, causando divergências no resultado. Enfim, a principal conclusão obtida remete aos objetivos deste trabalho e ao conceito de vantajosidade previamente desenvolvido.

No estudo de caso, foi constatado como os itens com menor preço absoluto, removendo todos os critérios de cálculo, estiveram aquém das exigências propostas para o produto e apresentando graus de otimização muito piores em relação à primeira análise. Mais uma vez aborda-se o ponto de que, em aquisições públicas, não é suficiente buscar somente o menor preço, devendo haver algum nível de análise ou comprovação de qualidade, abrindo espaço para a aplicação de algoritmos computacionais para auxílio ao processo decisório.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho buscou demonstrar um novo caminho, ainda pouco explorado, no âmbito da Administração Pública, em especial, na área de licitações e contratos administrativos. O aprimoramento de procedimentos jurídicos e administrativos já existentes deve ser um exercício constante, sendo a principal motivação deste estudo. Ao desenvolver e aplicar o algoritmo computacional, pode-se observar a gama de possibilidades para a evolução das compras públicas. Trazer sua aplicação para os pregões eletrônicos possibilitou um entendimento maior sobre falhas processuais que, muitas vezes, frustram as aquisições pretendidas, em especial, aquelas decorrentes da má escolha do objeto licitado.

O algoritmo provou-se capaz, através dos testes demonstrados, de avaliar diversas entidades com múltiplas variáveis, julgando qual seria aquela que mais se aproxima do grau de otimização pretendido. Ao aplicar o mesmo programa para um estudo de caso, que muito se assemelha às aquisições praticadas pela Administração Pública, compararam-se diversas opções de fornecedores de laticínios, levando em conta as características de cada produto. Com isso, buscou-se mostrar ser possível arbitrar entre muitos produtos de maneira imparcial, de modo a auxiliar a escolha do melhor item, não somente optando pelo menor preço. Através da análise do algoritmo, percebeu-se que o produto mais otimizado entre todas as características, nem sempre era o que possuía menor preço, sendo optados por itens com graus de otimizações com pior performance, que nos testes apresentados representavam valores nutricionais desbalanceados, mas que poderiam ser aplicados em outras aquisições.

Quanto a sua aplicação, mostrou-se como aspecto primordial a correta definição dos critérios utilizados para o cálculo, podendo levar a interpretações equivocadas pelo algoritmo, gerando resultados errados. Esse é um fator que dificulta um dos objetivos propostos para a pesquisa, que é a viabilidade do algoritmo, haja vista que seria necessário entendimento básico de linguagens de programação e ambientes computacionais, além da necessidade de se normalizar os dados. Apesar de sua simplicidade, o algoritmo cumpriu com sua proposta e segue com oportunidade para ser mais desenvolvido futuramente.

Sendo esse estudo de caso um exemplo de aplicação do algoritmo em pregões eletrônicos, podendo ser aprimorado, adaptado e testado para outros contextos, conclui-se que é possível a implementação de algoritmos matemático-computacionais para o auxílio da tomada de decisão, com vistas ao melhor atendimento das necessidades iniciais dos processos

licitatórios. Considera-se os sucessos obtidos como muito significativos para ampliar as possibilidades de evolução da Administração Pública.

## **SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS**

O uso de inteligência artificial já tem sido normatizado no âmbito jurídico, havendo múltiplos órgãos federais que utilizam de *softwares* para a informatização dos processos jurídicos e administrativos, aumentando sua eficiência e imparcialidade. Pode-se tomar como exemplo, o Centro de Controle Interno da Aeronáutica (CENCIAR) que utiliza diversos programas de automatização e inteligência artificial para auxiliar os gestores e auditores, reconhecendo padrões e informatizando os processos. Sugere-se ao leitor conhecer essa aplicação para maior desenvolvimento e aprofundamento no assunto.

Muito ainda pode ser desenvolvido na área de licitações, auxiliando os pregoeiros na contratação de bens e serviços. Atualmente, muitas tecnologias de inteligência artificial são capazes de reconhecer padrões textuais, tendo uma de suas vertentes com maior potencial de aplicabilidade o Processamento de Linguagem Natural, que é capaz de interpretar textos, documentos, editais, reconhecer palavras-chave e indicar ao usuário um *output* específico para cada contexto, e que no caso de pregões eletrônicos, poderia ser extremamente útil para a habilitação de fornecedores, descrições de objetos, etc.

Por fim, ressalta-se a importância do desenvolvimento da área de programação computacional no âmbito da Administração Pública, buscando a modernização e informatização dos processos. É necessário que se revisem cada uma das áreas de atuação dos gestores públicos, buscando novas formas de otimizar o trabalho dos servidores em prol da sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, Adriano Maia Ribeiro de. **Determinantes da Ineficiência do Pregão Eletrônico: Uma Análise a Partir da Teoria dos Custos de Transação**. Rio de Janeiro: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, 2012. Monografia. (28 f.). Disponível em: <[https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=65685](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=65685)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acesso em 30 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 10.024, de 20 de setembro de 2019**. Regulamenta a licitação, na modalidade pregão, na forma eletrônica, para a aquisição de bens e a contratação de serviços comuns, incluídos os serviços comuns de engenharia, e dispõe sobre o uso da dispensa eletrônica, no âmbito da administração pública federal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D10024.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10024.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inc. XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da administração pública e dá outras providências. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.520, 17 de julho de 2002**. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/110520.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110520.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Lei/L14133.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14133.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2022.

CORTEZ, Paulo. Cerdeira António. Almeida, Fernando. Matos, Telmo. Reis, José. **Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties**. Portugal: Decision Support Systems, Elsevier, 2009.

CRAWFORD, Chris. **80 Cereals**. Disponível em: <<https://www.kaggle.com/datasets/crawford/80-cereals>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

FREITAS, Cristiano Paulo de. **A eficiência da modalidade de licitação pregão, na sua forma eletrônica, no que se refere à economicidade e à qualidade**. Rio de Janeiro: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, 2010. Monografia. (17f.). Disponível em: <[https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=63697](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=63697)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

GOLDBARG, Marco Cesar. LUNA, Henrique Pacca Loureiro. GOLDBARG, Elizabeth Ferreira Gouvêa. **Programação Linear e Fluxos em Redes**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

HENRIQUES, Luiz Eduardo Restum. **A análise por etapas do processo licitatório na modalidade pregão como fator de maximização da eficiência no V COMAR, ano base**

**2007-2008.** Rio de Janeiro: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, 2009. Monografia. (54f.). Disponível em: <[https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=63863](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=63863)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

ISENBERG, Petra. DRAGICEVIC, Pierre. JANSEN, Yvonne. **80 Cereals: Nutrition data on 80 cereal products.** Disponível em: <<https://www.kaggle.com/datasets/crawford/80-cereals>>. Acesso em: 04 jul. 2022.

JUSTEN FILHO, Marçal. **Comentários à legislação do pregão comum e eletrônico.** 4.ed. REV. E ATUAL. São Paulo: Dialética, 2005.

JUSTEN FILHO, Marçal. **Comentários à lei de licitações e contratos administrativos.** 11.ed. São Paulo: Dialética 2005.

JUSTEN FILHO, Marçal. **Novo Pregão Eletrônico: Comentários ao Novo Decreto nº 10.024, de 20 de Setembro de 2019.** 1ª Edição. São Paulo: Editora JH Mizuno, 2020.

LUENBERGER, David Gilbert. YE, Yinyu. **Linear and Nonlinear Programming.** 4.ed. Stanford, CA, USA: Springer, 2016.

MONTEIRO, Jonatan Henriques. **Uso de programação linear na confecção da dieta na Seção de Subsistência da Academia da Força Aérea.** Pirassununga, SP: [s.n.], 2015. 50 p. Disponível em: <[https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=29490](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=29490)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

PAIVA, Lawine Nogueira de. **Implementação Python do Método dos Multiplicadores de Lagrange:** Algumas aplicações na Produção e na Economia. Pirassununga, SP: [s.n.], 2020. 37 p. <Disponível em: [https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=78027](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=78027)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

PEDRA, Anderson Sant'ana. **A habilitação técnico-operacional nas licitações públicas e o princípio da razoabilidade.** Espírito Santo: Revista da Procuradoria Geral do Estado do Espírito Santo - Vitória, v. 7, n. 7, p. 139-164, 1º/2º sem. 2008.

RAJENDRAN, Shrijayan. **Milk Quality Prediction.** Disponível em: <<https://www.kaggle.com/datasets/cpluzshrijayan/milkquality>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

RODRIGUES, Carolina Cavalcante; BRUNO, Jaqueline de Azevedo. **A importância da especificação do objeto no resultado da licitação.** Rio de Janeiro: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, 2016. Monografia. (21f.). Disponível em: <[https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=61975](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=61975)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

SILVA, Luis Claudio Barbosa da. **Pregão eletrônico e o princípio da celeridade.** Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado Maior da Aeronáutica, 2012. Monografia. (20 f.). Disponível em: <[https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=62093](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=62093)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

TEIXEIRA, Alba Angélica Nunes. **A Importância da Especificação do Material no Processo de Aquisição de Bens de Consumo.** Rio de Janeiro: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, 2012. Monografia. (28 f.). Disponível em:

<[https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=65697](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=65697)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

YASSER, M H. **Wine Quality Dataset**. Disponível em:

<<https://www.kaggle.com/datasets/yasserh/wine-quality-dataset>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

## ANEXO A – CÓDIGO ABERTO DE NORMALIZAÇÃO DE DADOS

## dados\_normalizados.R

kimura

2022-08-15

```
library(readr)

## Warning: package 'readr' was built under R version 4.0.5

WineQT <- read_csv("WineQT.csv")

ref <- subset(WineQT, select=c("quality", "Id"))
ref$Id <- c(1:1143)
ref <- ref[, c(2,1)]

WineQT$quality <- NULL
WineQT$Id <- NULL
vinhos <- scale.default(WineQT)
vinhos <- transform(vinhos)

write.csv(vinhos, "C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\vinhos.csv", row.names = FALSE)
write.csv(ref, "C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\ref.csv", row.names = FALSE)

###

cereal <- read_csv("cereals0.csv")

ref2 <- subset(cereal, select=c("name", "mfr", "type", "rating"))
ref2$Id <- (1:77)

equil <- data.frame(calories = cereal$calories / cereal$cups,
  protein = cereal$protein / cereal$cups,
  fat = cereal$fat / cereal$cups,
  sodium = cereal$sodium / cereal$cups,
  fiber = cereal$fiber / cereal$cups,
  carbo = cereal$carbo / cereal$cups,
  sugars = cereal$sugars / cereal$cups,
  potass = cereal$potass / cereal$cups,
  vitamins = cereal$vitamins / cereal$cups,
  weight = cereal$weight / cereal$cups,
  cups = cereal$cups / cereal$cups
)

graus2 <- scale.default(equil)
graus2 <- transform(graus2)
```

```
graus2$cups <- NULL

write.csv(graus2,"C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\cereal.csv", row.names = FALSE)
write.csv(ref2,"C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\ref2.csv", row.names = FALSE)

###

ref3 <- read_csv("milknew.csv")

p <- round(runif(1059, 5, 15),2)
energia <- c(round(runif(1059,400,500),0))
carbo <- c(round(runif(1059,6,10),1))
prot <- c(round(runif(1059,6,8),1))
gordr <- c(round(runif(1059,5,8),1))
sodio <- c(round(runif(1059,90,150),1))
calcio <- c(round(runif(1059,200,350),1))
leite <- data.frame(energia, carbo, prot, gordr, sodio, calcio)

ref3$preco <- cbind(p)
ref3$Id <- (1:1059)
leite <- scale.default(leite)
leite <- transform(leite)

write.csv(leite,"C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\leite.csv", row.names = FALSE)
write.csv(ref3,"C:\\Users\\rafae\\OneDrive\\Documentos\\Database\\ref3.csv", row.names = FALSE)
```

Disponível em: <<https://github.com/kimura19202/Preg-0>>

## ANEXO B – CÓDIGO ABERTO DE TOMADA DE DECISÃO

## Preg-0

kimura

2022-08-15

```
# This Python 3 environment comes with many helpful analytics libraries installed
# It is defined by the kaggle/python Docker image: https://github.com/kaggle/docker-
python
# For example, here's several helpful packages to load

import numpy as np # linear algebra
import pandas as pd # data processing, CSV file I/O (e.g. pd.read_csv)

# Input data files are available in the read-only "../input/" directory
# For example, running this (by clicking run or pressing Shift+Enter) will list all files u
nder the input directory

import os
for dirname, _, filenames in os.walk('/kaggle/input'):
    for filename in filenames:
        print(os.path.join(dirname, filename))

# You can write up to 20GB to the current directory (/kaggle/working/) that gets pres
erved as output when you create a version using "Save & Run All"
# You can also write temporary files to /kaggle/temp/, but they won't be saved outsid
e of the current session

###

vinhos = pd.read_csv("/kaggle/input/teste1/vinhos.csv")
ref1 = pd.read_csv("/kaggle/input/teste1/ref.csv")

graus = pd.DataFrame(data = vindhos.sum(axis = 1))
graus = graus.rename(columns = {0 : "otimização"})
graus = graus.abs()

df1 = {"ID": ref1["Id"],
      "Otimização": graus["otimização"],
      "Qualidade": ref1["quality"]}
df1 = pd.DataFrame(data = df1)

teste1 = df1.sort_values(by = "Otimização")
teste1.head(10)
```

```

###

cereal = pd.read_csv("/kaggle/input/teste2/cereal.csv")
ref2 = pd.read_csv("/kaggle/input/teste2/ref2.csv")

graus2 = pd.DataFrame(data = cereal.sum(axis = 1))
graus2 = graus2.rename(columns = {0 : "otimização"})
graus2 = graus2.abs()

df2 = {"ID": ref2["Id"],
       "Otimização": graus2["otimização"],
       "Pontuação": ref2["rating"],
       "Fabricante": ref2["mfr"],
       "Tipo": ref2["type"]}
df2 = pd.DataFrame(data = df2)

teste2 = df2[df2["Pontuação"] >= 50]
teste2 = teste2[teste2["Tipo"].str.contains("C")]
teste2 = teste2.sort_values(by = "Otimização")
teste2.head(10)

###

leite = pd.read_csv("/kaggle/input/teste-3/leite.csv")
ref3 = pd.read_csv("/kaggle/input/teste-3/ref3.csv")

graus3 = pd.DataFrame(data = leite.sum(axis = 1))
graus3 = graus3.rename(columns = {0 : "otimização"})
graus3 = graus3.abs()

df3 = {"ID": ref3["Id"],
       "Otimização": graus3["otimização"],
       "pH": ref3["pH"],
       "Temperatura": ref3["Temperature"],
       "Sabor": ref3["Taste"],
       "Cheiro": ref3["Odor"],
       "Gordura": ref3["Fat"],
       "Turbidez": ref3["Turbidity"],
       "Cor": ref3["Colour"],
       "Avaliação": ref3["Grade"],
       "Preço": ref3["preco"]}
df3 = pd.DataFrame(data = df3)

filtro = df3[df3["Avaliação"].str.contains("h")]
filtro = filtro[filtro["Otimização"] < 0.5]
filtro = filtro[filtro["pH"] < 6.90]

```

```
filtro = filtro[filtro["pH"] > 6.25]
filtro = filtro[filtro["Temperatura"] < 45.2]
filtro = filtro[filtro["Temperatura"] > 34.0]
filtro = filtro[filtro["Sabor"] == 1]
filtro = filtro[filtro["Cheiro"] == 1]
filtro = filtro[filtro["Preço"] >= 5.49]

teste2 = filtro.sort_values(by = ["Preço", "Otimização"], ascending = [True, True])
teste2.head(10)
```

Disponível em: <<https://github.com/kimura19202/Preg-0>> e  
<<https://www.kaggle.com/code/kimurak/preg-0?scriptVersionId=103813007>>