



XXIX Congresso Brasileiro de Custos

16 a 18 de novembro de 2022

- João Pessoa / PB -



Otimização de custos de aquisição e estocagem de matéria-prima em empresas de food service

Valeriana Cunha (UFU) - valeriana@ufu.br

Resumo:

A área de compras exerce importante função estratégica em todos os tipos de empresas. Há várias questões importantes que estão sob a responsabilidade dos profissionais da área, dentre elas as decisões a respeito de quanto comprar e quanto manter em estoque. Esta pesquisa apresenta um modelo de programação linear inteira que pode ser utilizado para apoio a estas decisões em empresas de food service. A pesquisa é do tipo aplicada e a coleta de dados foi feita por meio de análise documental e entrevista com um executivo da área. Para alimentar o modelo, é necessário que o usuário tenha atenção com os parâmetros que serão utilizados. Por meio deste tipo de abordagem, as empresas têm maiores chances de que suas tomadas de decisão sejam mais acertadas. Especificamente para o caso em questão, a definição mais precisa de quanto comprar e quanto manter em estoques pode representar economias significativas no custo de produção, já que os materiais direitos representam uma boa parcela dos custos de produção totais.

Palavras-chave: *Gestão de compras. Custos de aquisição. Custos de estocagem. Otimização. Programação linear inteira*

Área temática: *Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos*

Otimização de custos de aquisição e estocagem de matéria-prima em empresas de *food service*

RESUMO

A área de compras exerce importante função estratégica em todos os tipos de empresas. Há várias questões importantes que estão sob a responsabilidade dos profissionais da área, dentre elas as decisões a respeito de quanto comprar e quanto manter em estoque. Esta pesquisa apresenta um modelo de programação linear inteira que pode ser utilizado para apoio a estas decisões em empresas de *food service*. A pesquisa é do tipo aplicada e a coleta de dados foi feita por meio de análise documental e entrevista com um executivo da área. Para alimentar o modelo, é necessário que o usuário tenha atenção com os parâmetros que serão utilizados. Por meio deste tipo de abordagem, as empresas têm maiores chances de que suas tomadas de decisão sejam mais acertadas. Especificamente para o caso em questão, a definição mais precisa de quanto comprar e quanto manter em estoques pode representar economias significativas no custo de produção, já que os materiais direitos representam uma boa parcela dos custos de produção totais.

Palavras-chave: Gestão de compras. Custos de aquisição. Custos de estocagem. Otimização. Programação linear inteira.

Área Temática: Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos.

1 INTRODUÇÃO

A área de compras exerce importante função estratégica em qualquer tipo de organização, sejam indústrias, empresas comerciais ou empresas de serviços. Nas indústrias, é preciso adquirir matérias-primas e convertê-las em produtos acabados; empresas comerciais compram itens para revenda no varejo ou no atacado; e empresas de serviços adquirem produtos auxiliares usados na prestação do serviço. Independente do bem adquirido, se é tangível ou intangível, se será utilizado na produção ou se é para revenda, tomar boas decisões relacionadas ao processo de compras pode ser decisivo no sucesso de um empreendimento. Estas decisões englobam a quantidade a ser adquirida, o momento de comprar e o valor pago pelos itens.

Este trabalho aborda as decisões a respeito de compras de matérias-primas a serem utilizadas na produção de itens em restaurantes e empresas similares, tais como buffet a quilo, churrascarias, pizzarias, *fast food*, entre outros. Todos estes tipos de empresa são cadastrados com o mesmo CNAE (Código Nacional de Atividade Econômica) 5611-2, que engloba restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas (IBGE, 2022). Amaro (2022) apresenta dados de pesquisa realizada pelo Instituto Food Service Brasil (IFB/CREST) destacando que os gastos com a alimentação fora de casa (e isso inclui também o delivery) somaram R\$164,4 bilhões, em 2021. Esses números garantiram uma representatividade de quase 2% do PIB brasileiro em 2021.

Os custos advindos do processo de compras de matéria-prima são importantes em qualquer operação, especialmente no ambiente econômico global tão competitivo que vivenciamos nos dias de hoje. Neste estudo, será analisada a compra de matéria-prima a ser utilizada na fabricação de alimentos de empresas de *food service*. Com

base nas necessidades da empresa, que são definidas por meio da demanda e das fichas técnicas dos itens produzidos na empresa, o modelo proposto auxiliará o gestor a definir o que é necessário comprar, as quantidades ótimas (e isso pode incluir o tamanho da embalagem) e se é interessante manter algum estoque do item adquirido. Os motivos considerados para a manutenção de estoque levam em consideração a variação no preço do item e o estoque máximo definido pelo próprio gestor para cada um dos insumos analisados. O gestor pode optar por não trabalhar com estoques de um período para o outro. Esta decisão deverá ser tomada previamente, antes da aplicação do modelo.

O problema que se pretende investigar está relacionado com a necessidade de se tomar boas decisões de compras de insumos em empresas de *food service* visando a evitar o desperdício e, conseqüentemente, otimizando os custos relacionados às aquisições de tais insumos. Desta forma, o objetivo desta pesquisa é estruturar um modelo de otimização de compras e estocagem de matéria-prima para auxiliar a tomada de decisão de gestores de empresas de *food service*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gestão de compras

De acordo com Baily, Farmer, Crocker e Jessop (2021), comprar significa adquirir coisas. Estas “coisas” podem ser materiais, suprimentos, serviços, componentes e equipamentos. Em alguns casos, as aquisições podem ser estocadas. Comprar e armazenar é uma função necessária para quase todas as organizações, desde residências particulares até o governo nacional. Hospitais, fábricas, empresas de transporte, lojas de departamentos, escolas, a grande maioria das organizações precisa de materiais, suprimentos e serviços que nem sempre podem ser produzidos internamente, portanto, torna-se necessário comprar essas coisas e manter algumas delas em estoque.

Oddo (2022) destaca que em uma organização, a área de compras realiza diversas atividades para gerar o máximo de valor para a empresa. Algumas das importantes atividades de compras incluem identificação e seleção dos fornecedores; compra, negociação e contratação; pesquisa do mercado de fornecimento; medição e melhoria de fornecedores; e desenvolvimento de sistemas de compras. Diversos autores tais como Oddo (2022), Baily, Farmer, Crocker e Jessop (2021) dentre outros, destacam que os cinco princípios essenciais da função compras são comprar itens com qualidade correta, no momento correto, na quantidade correta, da fonte correta, a um preço adequado.

Diante da importância das atividades desempenhadas pelos departamentos de compras, percebe-se que o setor não é um mero operacionalizador de tarefas. Do contrário, é um setor que, já há alguns anos, tem importante função estratégica dentro das organizações. Diferentes pesquisadores comentam a respeito dessa mudança de patamar das áreas de compras. Martins e Alt (2012) ressaltam que com a crise do petróleo em 1970, a oferta das matérias-primas sofreu considerável queda, o que ocasionou alta dos custos. Diante dessa realidade, a área de compras começou a ganhar destaque nas organizações. Um estudo desenvolvido por Saliba (2006) mostra uma mudança no perfil dos contratados para a área de suprimentos em uma empresa. O autor destaca a importância de recursos com maior visão de negócios em comparação a um perfil operacional. Simões e Michel (2004) destacam que a função compras tem grande evidência no contexto das organizações. Os autores afirmam que não basta apenas comprar, é necessário comprar bem. Murta (2016) aponta para o

destaque que a área de suprimentos recebe a medida que as organizações precisam ter uma gestão cada vez mais eficiente de seus recursos, pois isso significa redução de custos, produtos e serviços mais competitivos, ganho no posicionamento de mercado e margens de lucro crescentes e maiores.

Martins e Alt (2012) destacam que a gestão de compras exerce impactos na gestão de estoques. As áreas caminham em paralelo e os departamentos de compras devem ter todo o cuidado com os níveis de estoque da organização, pois ao passo que estoques podem ser essenciais para garantir a disponibilidade para venda e/ou processo produtivo, geram custos de manutenção, oportunidade ou risco.

Botô e Felizardo (2018) destacam o impacto da gestão de compras no controle dos estoques e na competitividade das organizações, ao passo que podem contribuir para a otimização dos custos e melhorias nos resultados. Martelli e Dandaro (2015) destacam a importância das informações relacionadas a quanto e quando é necessário o suprimento de recursos materiais para a organização, bem como o conhecimento dos custos de aquisição e manutenção dos estoques para garantir o fluxo produtivo. Borges, Campos e Borges (2010) destacam que uma boa gestão de estoques, de forma a mantê-los em níveis adequados para garantir o atendimento da demanda, pode levar a redução dos valores monetários envolvidos. Percebe-se que, além de realizar as atividades inerentes ao abastecimento e aos níveis de estoque, buscar estratégias para diminuir os custos é um dos importantes papéis do departamento de compras. Puertas e Lanzotti (2017) e Pozo (2017) destacam que a gestão eficaz de suprimentos pode minimizar os desperdícios de tempo, dinheiro e materiais, reduzindo custos e tornando a administração desse setor uma ferramenta que contribui para o aumento da competitividade da empresa. Em uma pesquisa desenvolvida por Pereira e Souza (2021), 15 dos 20 restaurantes pesquisados em uma cidade no estado do Tocantins detectaram necessidade de redução de estoques. Os respondentes destacaram que compram diariamente o que será utilizado, mantendo os níveis mais baixos possíveis de estoque. Além disso, todos os entrevistados percebem o aumento de preço de matéria-prima, sendo que 30% dos participantes informa um aumento entre 41% e 50% nos preços.

Percebe-se o quanto a gestão de compras é uma atividade estratégica e impactante nos custos da empresa. Neste sentido, torna-se importante versar sobre gestão de custos.

2.2 Gestão de custos

Segundo Crepaldi e Crepaldi (2018), a Contabilidade de Custos é parte da Contabilidade Gerencial e não se prende a requisitos legais ou fiscais e nem a convenções padronizadas. Baseia-se em escrituração regular e em elementos de suporte, tais como planilhas, rateios, cálculos e controles. É uma ferramenta utilizada para fazer o planejamento, acompanhamento, registro, análise e interpretação dos custos de produtos fabricados e vendidos. Uma boa gestão de custos pode determinar a sobrevivência e lucratividade de uma organização.

Martins (2018) conceitua gasto como sendo todo sacrifício financeiro realizado por uma empresa para obter um produto ou um serviço. Os gastos podem ser custos, investimentos ou despesas. Os custos são um tipo de gasto relacionado a bens ou serviços utilizados na produção de bens ou serviços. Os investimentos são gastos realizados no presente que buscam benefícios futuros, como por exemplo a compra de máquinas que serão utilizadas na produção. Já as despesas são valores desembolsados para a aquisição de bens e serviços relacionados à manutenção da empresa, como por exemplo, despesas com comissões.

É importante conhecer alguns conceitos e classificações relacionados a custos. Sinambela e Djaelani (2022) destacam que quando vistos sob a perspectiva de alocação de custos, os custos são classificados em diretos e indiretos. Os custos diretos são custos que podem ser relacionados a um produto ou serviço e, por isso, são facilmente rastreados ou identificados. Por exemplo, o custo de matéria-prima de um determinado item. Já os custos indiretos referem-se aos custos que não podem ser relacionados diretamente ao produto ou serviço. Por exemplo, se é necessário adquirir um produto para lubrificar as máquinas utilizadas na produção de um bem. Este custo é indireto. A alocação de custos indiretos é uma questão importante da contabilidade de custos.

Datar e Rajan (2020) destacam que quanto ao comportamento, os custos podem ser classificados em fixos, variáveis e semivariáveis. Padoveze (2010) descreve que o custo é variável se ele acompanha proporcionalmente a atividade com que é relacionado. Por exemplo, insumos a serem utilizados no processo produtivo. Já os custos fixos oneram a empresa independentemente do volume produzido. São necessários para manter um determinado nível de atividade na empresa.

Outra questão importante a ser abordada é em relação aos componentes dos custos de fabricação ou produção. Segundo VanDerbeck (2013), há três elementos básicos a saber: materiais diretos, mão de obra direta e despesas gerais de fábrica. Os materiais diretos são aqueles que fazem parte de um determinado produto manufaturado e podem ser facilmente identificados, como por exemplo, madeira usada na fabricação de móveis e tecido usado na produção de roupas. Por outro lado, alguns tipos de materiais e suprimentos necessários para o processo de fabricação não podem ser prontamente identificados ou têm um custo relativamente insignificante, como por exemplo lixas usadas na produção de móveis, lubrificantes usados em máquinas e outros itens de uso geral fabril. Ainda segundo VanDerbeck (2013), a mão de obra direta é aquela relacionada a funcionários que trabalham diretamente na fabricação do produto, como operadores de máquinas ou trabalhadores de linhas de montagem. Já a mão de obra indireta engloba os empregados que são necessários ao processo fabril, mas que não trabalham diretamente nas unidades que estão sendo fabricadas, como por exemplo chefes de departamento e supervisores.

Neste artigo, será considerada parte do custo de produção dos itens produzidos nas empresas de *food service*, pois serão considerados apenas os materiais diretos empregados no processo produtivo. Será desenvolvido um modelo de pesquisa operacional, mais especificamente, um modelo de programação linear inteira, objetivando a otimização dos custos de aquisição de materiais diretos. O próximo tópico aborda este assunto.

2.3 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO) pode ser definida como a aplicação de métodos científicos e matemáticos para estudo e análise de problemas envolvendo sistemas complexos (INFORMS, 2022).

O termo Pesquisa Operacional surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, no entanto há registros de aplicações envolvendo métodos científicos e matemáticos, especialmente para fins militares, bem antes disso. Arquimedes (no século III A.C., ano 212), Leonardo da Vinci (em 1503), Frederick William Lanchester (em 1916), Thomas Alva Edison (de 1914 a 1918) são exemplos de cientistas que usaram aplicações da matemática em operações militares (FAPESP, 2005; Silva, 2007; Carvalho, 2009; Santana, 2008; Bonini. Silva. Kellner. Cruz. Oening e Barros. 2015).

Com o final da guerra, começaram a ser vistas aplicações de PO com fins nas áreas empresarial e econômica para apoio a tomada de decisão. No final do século XIX, Frederick Winslow Taylor realizou um estudo que permitiu maximizar o desempenho dos mineiros. Mediante aumento e redução do tamanho e peso de uma pá de carvão, até que a melhor relação fosse alcançada, Taylor triplicou a quantidade de carvão que os trabalhadores podiam carregar num dia (Taylor, 1997). Segundo Poundstone (1993), John Von Neumann, um dos matemáticos mais importantes do século XX, demonstrou, em 1928, que todo jogo finito de soma zero com duas pessoas possui uma solução em estratégias mistas. Em 1944, foi publicada a obra “Theory of Games and Economic Behavior” em conjunto com Morgenstern, apresentando que os problemas típicos do comportamento econômico são rigorosamente idênticos às soluções matemáticas de certos jogos de estratégia (Von Neumann e Morgenstern, 1944).

A Pesquisa Operacional evoluiu na Inglaterra e nos Estados Unidos. Já no Brasil, a Pesquisa Operacional começou a ser difundida na década 1960 e em 1969 foi fundada a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional - SOBRAPO (Müller e Azevedo, 2018).

2.3.1 Programação Linear

Os modelos de Pesquisa Operacional podem ser classificados em determinísticos e probabilísticos. Dentro do grupo dos modelos determinísticos estão os modelos de Programação Linear.

Segundo Dantzig e Thapa (1997), em 1823, o matemático francês Jean Baptiste Joseph Fourier esboçou métodos da atual programação linear. No entanto, Zachi (2016) destaca que apesar da origem dos estudos sobre problemas de otimização de uma função linear sujeita a restrições remeterem a Fourier, foi em 1939 que a importância prática destes problemas começou a ser percebida. O matemático russo Leonid Kantorovich desenvolveu os primeiros Problemas de Programação Linear para uso durante a Segunda Guerra Mundial, para planejar gastos e retornos, além de reduzir os custos para o exército e aumentar as perdas para o inimigo. Kantorovich ganhou o Prêmio Nobel de Economia em 1975. Por volta de 1940, os estudos sobre a Programação Linear atingiram seu clímax, com os estudos de George Dantzig e com o prêmio Nobel da Economia entregue a George Stigler. Em 1947, Dantzig, além de formular o Problema de Programação Linear também cria o Algoritmo Simplex para a sua solução.

A Programação linear inteira, considera os mesmos pressupostos da programação linear incluindo a restrição de que todas as variáveis devem assumir valores inteiros. Já na programação linear inteira mista, podem existir tanto variáveis inteiras quanto contínuas. Taha (1981) considera a programação inteira como um subproduto dos desenvolvimentos na área de programação linear. O autor ilustra com o problema de coloração, como sendo provavelmente o problema de inteiros mais conhecido abordado por matemáticos antes da introdução formal da programação inteira em 1958. Ele busca a determinação do número mínimo de cores necessárias para colorir um mapa de tal forma que as regiões fiquem com cores diferentes. A maioria dos desenvolvimentos de programação inteira, com exceção de problemas com função objetivo não linear e problemas com variáveis binárias, podem ser expressos por meio da formulação matemática apresentada na Figura 1.

Maximizar (ou minimizar)

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

x_j inteiro, para alguns ou todos $j = 1, 2, \dots, n$

Figura 1. Formulação geral de Programação linear inteira

Fonte: Bradley, Hax, Magnanti (1977).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como pesquisa aplicada. Segundo Saunders Lewis e Thornhill (2019), um dos propósitos da pesquisa aplicada é gerar descobertas de relevância prática e valor para os gestores nas organizações. Muitas vezes, a pesquisa aplicada encontra um uso prático para as descobertas feitas pelas pesquisas puras. O modelo desenvolvido neste artigo utiliza de conhecimentos já estabelecidos para propor um modelo de otimização de compras em empresas de *food service*. Importante observar que o rigor científico deve ser respeitado tanto na pesquisa básica quanto na pesquisa aplicada.

Saunders Lewis e Thornhill (2019) observam que antes de definir a estratégia de pesquisa ou empregar um determinado método, como parte da estratégia para produzir conhecimento, é necessário compreender o paradigma da pesquisa. O paradigma está relacionado a crenças e pressupostos sobre a realidade (ontologia) e sobre a forma que o pesquisador acredita que o conhecimento humano é construído (epistemologia). Este trabalho tem aspectos filosóficos voltados ao pragmatismo. Neste tipo de abordagem filosófica, a importância do significado de uma ideia (ou uma descoberta de pesquisa) são suas consequências práticas. Os conceitos são relevantes quando dão apoio a ações. Pesquisadores que conduzem seus trabalhos sob esta ótica reconhecem que nenhum ponto de vista único pode fornecer todas as respostas a uma determinada questão e que podem existir múltiplas realidades. No pragmatismo, o foco é em pesquisas aplicadas de caráter prático.

De acordo com os objetivos, esta pesquisa é de natureza exploratória-descritiva. Saunders Lewis e Thornhill (2019) discutem que este tipo de pesquisa representa um meio de se investigar e obter *insights* sobre um tópico de interesse, podendo ser trabalhos precursores ou continuações de outros.

Ainda segundo Saunders Lewis e Thornhill (2019), o mais comum em pesquisas pragmáticas é utilizar múltiplos métodos de coletas de dados, tanto quantitativas quanto qualitativas. Este trabalho é uma combinação de métodos qualitativos e quantitativos. Foram coletados dados primários por meio de análise

documental. Além disso, foi feita uma entrevista com um executivo do setor de *food service* com o objetivo de coletar informações relevantes para compor o modelo e para que ele possuía diferenciais em relação aos já existentes. A análise das informações coletadas deu origem ao modelo apresentado neste artigo, que foi construído por meio de Programação Linear Inteira, levando em consideração as percepções do que é importante para que se tenha uma boa gestão de compras no setor.

Este trabalho é desenvolvido usando-se a estratégia do estudo de caso. Segundo Yin (2009), o estudo de caso explora um tópico de pesquisa em um ou mais contextos reais. O autor enfatiza a importância do contexto, destacando que as fronteiras entre o tópico de estudo e o contexto em que ele está sendo estudado nem sempre são aparentes, o que potencialmente é uma vantagem da estratégia de estudo de caso. O estudo de caso é o oposto completo da estratégia experimental, onde variáveis contextuais são altamente controladas, pois são vistas como uma ameaça potencial à validade dos resultados. Também difere da estratégia de *survey* em que, embora a pesquisa seja realizada dentro de contexto, a capacidade de explorar e entender tal contexto é limitada pelo número de variáveis para as quais os dados podem ser coletados.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 O modelo matemático

Com base na entrevista feita com um executivo do setor de *food service*, nos conhecimentos de Programação linear inteira, na pesquisa documental e no embasamento teórico realizado, foi estruturado o modelo matemático com uma função objetivo que minimiza os custos de aquisição e estocagem dos itens utilizados em uma empresa de *food service*. Destaca-se que esta função objetivo contempla parte do custo dos produtos fabricados e inclui o custo de estocagem que poderá ou não existir em um determinado período. A função pode ser vista na expressão (1).

$$\text{minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{compr_{ij}} * P_{ij} + \sum_{i=1}^n cm_i * E_i \quad (1)$$

onde,

$Q_{compr_{ij}}$ representa a quantidade comprada de cada produto i em cada tamanho de embalagem j (em unidades).

P_{ij} representa o preço (R\$) de cada produto i em cada tamanho de embalagem j .

cm_i representa o custo de manutenção (R\$) de cada 100 gramas de cada produto i .

E_i representa a quantidade em estoque de cada produto i (em 100 gramas)

A quantidade comprada dependerá da estratégia da empresa em comprar para consumo ou comprar para estocar. Caso a decisão seja em comprar mercadorias para além do consumo, o parâmetro utilizado será a variação de preço entre o período atual e o período imediatamente anterior. Por isso, o gestor deverá alimentar a planilha com os preços das mercadorias no período da análise (sempre o período atual e o período imediatamente anterior). As restrições acerca da quantidade comprada deverão ser escritas para cada ingrediente i em sua embalagem j . Genericamente, fica representada conforme a expressão (2). O estoque não necessariamente precisa ser inteiro, pois pode sobrar uma embalagem que já foi aberta, mas não foi totalmente usada.

$$Q_{compr_{ij}} \geq Q_{cons_{ij}} + (var_{ij} * Q_{cons_{ij}} * bin_{ij}) \quad (2)$$

onde,

$Q_{compr_{ij}}$ representa a quantidade comprada de cada produto i em cada tamanho de embalagem j (em unidades).

$Q_{cons_{ij}}$ representa a quantidade consumida de cada produto i em cada tamanho de embalagem j (em unidades).

var_{ij} representa a variação no preço (%) de cada produto i em cada tamanho de embalagem j .

bin_{ij} variável dummy que estabelece se há ou não variação negativa de preço de cada item i em cada embalagem j

Além dos preços, deverão ser cadastrados todos os produtos finais comercializados e suas respectivas fichas técnicas contendo os ingredientes a serem utilizados, suas quantidades e tempo consumido para a produção de cada produto final. Por meio das informações contidas nas fichas técnicas, as restrições que representam a necessidade de cada uma das matérias-primas podem ser generalizadas conforme apresentado na expressão (3).

$$\sum_{l=1}^k R_l * Ft_{il} = \sum_{j=1}^m \frac{Q_{cons_{ij}}}{KT_j} \quad (3)$$

onde,

$Q_{cons_{ij}}$ representa o consumo de cada produto i em cada tamanho de embalagem j (em unidades).

KT_j representa o divisor que está associado ao tamanho de cada embalagem j .

R_l representa a quantidade de cada pratos l que a empresa fabrica.

Ft_{il} representa a quantidade necessária do ingrediente i em cada prato l .

A quantidade de restrições originária dessa expressão será igual a variedade de ingredientes utilizada pela empresa. O divisor associado ao tamanho da embalagem será uma constante que representa a relação do conteúdo da embalagem com um quilo. Por exemplo, se a embalagem for de 100 gramas, o valor de K será 10. Se a embalagem for de 500 gramas, o valor de K será 2. Por outro lado, se a embalagem for de 2 quilos, o valor de K será 0,5.

Além disso, é preciso cadastrar a demanda esperada de cada prato do tipo l , para que as restrições de demanda sejam construídas. A generalização destas restrições pode ser vista na expressão (4).

$$R_l \geq D_l \quad (4)$$

onde,

R_l representa a quantidade de cada prato l que a empresa fabrica.

D_l representa a quantidade demandada de cada prato l .

Ao todo, o número de restrições associadas à expressão (4) será igual a variedade de pratos distintos que o estabelecimento oferece.

O estoque de cada item i será definido com base na diferença entre o que foi comprado e o que foi consumido no período de análise, conforme apresentado na expressão (5).

$$E_i = \sum_{j=1}^m (Q_{compr_{ij}} - Q_{cons_{ij}}) \quad (5)$$

O gestor precisa incluir um valor desejado para o estoque mínimo de cada um dos itens. Isso é necessário, pois como o modelo é de minimização, mesmo o preço sendo interessante, ou seja, sendo mais baixo no período da análise do que no período imediatamente anterior, a tendência é de que não havendo exigências, o valor do estoque seja zerado. Se zerar o estoque não for coerente com a estratégia do momento, deve-se considerar a expressão (6).

$$E_i \geq Parest_i \quad (6)$$

onde,

$Parest_{ij}$ representa o estoque mínimo desejado para cada item i na embalagem j .

Por meio do modelo também é possível verificar a quantidade de horas de trabalho necessária para a demanda. Para isso, é necessário que o gestor inclua o tempo gasto na fabricação de cada prato l . Desta forma, a restrição que representa esta condição ficaria escrita como apresentado na expressão (7).

$$R_l * G_l \leq \sum_{p=1}^q T_p \quad (7)$$

onde,

R_l representa a quantidade de cada prato l que a empresa fabrica.

G_l representa o tempo gasto na produção de cada prato l .

T_p representa o tempo trabalhado de cada funcionário p por período analisado.

Deve-se destacar que todas as variáveis devem assumir valores maiores ou iguais a zero (restrição de positividade ou não negatividade comum a todos os problemas de programação linear). Além disso, as variáveis $Q_{compr_{ij}}$ e R_l devem, além da restrição de positividade, assumir valores inteiros, pois considera-se apenas a compra de embalagens fechadas de cada um dos tamanhos. Sendo assim, as expressões 8 e 9 também devem ser consideradas.

$$R_l, E_i, Q_{compr_{ij}}, Q_{cons_{ij}} \geq 0 \quad (8)$$

$$R_l, Q_{compr_{ij}} \text{ inteiros} \quad (9)$$

O modelo completo pode ser visualizado na Figura 2. O resultado fornecerá, com base na demanda, as quantidades ótimas a serem adquiridas em um período de tempo de análise que minimiza o custo total de aquisição e manutenção de estoques.

$$\text{minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{compr_{ij}} * P_{ij} + \sum_{i=1}^n cm_i * E_i$$

Sujeito a

$$Q_{compr_{ij}} \geq Q_{cons_{ij}} + (var_{ij} * Q_{cons_{ij}} * bin_{ij})$$

$$\sum_{l=1}^k R_l * Ft_{il} = \sum_{j=1}^m \frac{Q_{cons_{ij}}}{KT_j}$$

$$R_l \geq D_l$$

$$E_i = \sum_{j=1}^m (Q_{compr_{ij}} - Q_{cons_{ij}})$$

$$E_i \geq Parest_i$$

$$R_l * G_l \leq \sum_{p=1}^q T_p$$

$$R_l, E_i, Q_{compr_{ij}}, Q_{cons_{ij}} \geq 0$$

$$R_l, Q_{compr_{ij}} \text{ inteiros}$$

Figura 2. O modelo de minimização de compras e estoques.

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2 Simulação com dados reais

Por meio da entrevista realizada com um executivo do setor de *food service*, foi possível utilizar fichas técnicas reais de três produtos para testar o modelo proposto. São utilizados 10 ingredientes que podem ou não ser empregados em mais de um dos produtos finais. A Tabela 1 apresenta as necessidades de ingredientes em cada um dos pratos produzidos.

Foram considerados três tamanhos de embalagens para cada um dos produtos (1 kg, 2 kg e 3 kg). Os preços de dois períodos foram inseridos para cada um dos itens em cada um dos tamanhos de embalagens para ser possível verificar se há variação negativa de preço e, conseqüentemente, decidir se as compras devem ser feitas apenas para o consumo do período ou também para estoque. Por meio da aplicação do modelo, para fazer 150, 140 e 235 pratos dos tipos 1, 2 e 3, respectivamente, foram gastos com os insumos o montante de R\$3.870,00. Os gastos fornecidos nas fichas técnicas para estas quantidades sem o uso do modelo seriam de R\$4.375,00. Percebe-se que o valor fornecido pelo modelo representa uma maior racionalização dos recursos empregados na compra dos ingredientes, levando em consideração a demanda e a variação de preço de um período para o outro, o que acarretará ou não na formação de estoques. Por meio do modelo, o custo unitário médio seria cerca de R\$7,37 por prato; enquanto o custo unitário médio sem a aplicação do modelo é cerca de R\$8,33.

Tabela 1

Consumo de cada ingrediente em cada produto fabricado.

Ingrediente	Prato 1	Prato 2	Prato 3
Filé de Frango (gramas)	0,06		0,02
Molho Rústico (gramas)	0,03	0,03	0,03
Batata Frita (gramas)	0,08	0,1	0,06
Alface (gramas)	0,01	0,01	0,01
Pão baguete 15 cm - (gramas)	0,05	0,05	0,05
Queijo (gramas)	0,05	0,03	0,06
Presunto (gramas)		0,02	0,06
Linguiça (gramas)		0,1	
Tomate (gramas)	0,02	0,02	0,02
Azeite (ml)	0,02	0,02	

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesta simulação, não foi incluído o tempo gasto no preparo dos alimentos, apesar da restrição que considera esta questão estar incluída no modelo original. Também não foram incluídos os custos com manutenção dos estoques, que é sugerido no modelo teórico. Estes dados não foram possíveis de serem levantados junto ao executivo que forneceu as fichas técnicas dos produtos. A Tabela 2 apresenta as quantidades indicadas pelo modelo para serem compradas e estocadas após a produção de cada um dos ingredientes utilizados na fabricação dos três tipos de pratos.

Tabela 2

Quantidades sugeridas pelo modelo de compra e estocagem

Ingredientes	Quant. Comprada			Estoque		
	1kg	2kg	3kg	1kg	2kg	3kg
Filé de Frango (gramas)			5,00			0,43
Molho Rústico (gramas)			6,00			0,75
Batata Frita (gramas)			14,00			0,63
Alface (gramas)			2,00			0,25
Pão baguete 15 cm - (gramas)			9,00			0,25
Queijo (gramas)		1,00	8,00		0,10	
Presunto (gramas)	2,00		5,00	0,10		
Linguiça (gramas)			5,00			0,33
Tomate (gramas)			4,00			0,50
Azeite (ml)			2,00			0,07

Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se perceber que em todos os casos a embalagem maior mostra-se mais econômica em relação às embalagens menores. A formação de estoque acontece por dois motivos: ou a totalidade contida na embalagem fechada não foi utilizada ou o preço do período atual estava menor que o preço do período anterior. O modelo prevê

que nesse caso, deve-se comprar para estocar. Como o custo de estocagem não foi considerado nesta aplicação, não é preciso estabelecer um nível de estoque mínimo nas restrições.

5 CONCLUSÃO / CONTRIBUIÇÃO

As empresas que buscam aprimoramento de suas práticas já há algum tempo percebem a importância dos departamentos de compras para a competitividade empresarial. Tomar boas decisões relacionadas a esse assunto pode ser um fator decisivo para garantir bons resultados nas organizações. Desta forma, a gestão de compras deve ser vista como uma atividade estratégica que pode contribuir para alavancar o desempenho empresarial.

Os erros cometidos por gestores desta área podem causar grandes problemas às organizações, tais como paralisação da produção; rupturas nas gôndolas levando a perdas ou postergações de vendas/pedidos; nível de serviço ao cliente não satisfatório; excesso de estoque, aumentando desnecessariamente os custos de manutenção dos mesmos e prejuízos à imagem da empresa no mercado. Existem uma série de atividades que merecem atenção neste setor, como por exemplo, cuidadosa seleção de fornecedores, pesquisa de preços e negociações inteligentes, uso de indicadores de desempenho e o alinhamento de compras com a demanda. Além disso, práticas adotadas no departamento de compras influenciarão os níveis de estoques acumulados nas empresas. O presente trabalho propõe um modelo de programação inteira a ser usado para otimizar os custos de aquisição e estocagem em empresas de *food service*. O modelo leva em consideração a possibilidade de formar estoques caso os preços de vendas comprados em um determinado período de tempo seja atrativo em relação ao período imediatamente anterior.

O tipo de proposta apresentada neste artigo pode ser um diferencial para os gestores da área. Muitas vezes, ingredientes são utilizados em diferentes preparos e o cômputo da quantidade total necessária com o mínimo de desperdício pode não ser tarefa fácil, especialmente quando há muitos itens a serem considerados. O modelo matemático é útil, pois fornecerá o valor necessário de aquisição do suprimento para uma determinada produção, considerando inclusive, a possibilidade de formação de estoques, caso seja estratégia do gestor. Deve-se destacar que os cálculos são realizados com base em uma demanda prévia estabelecida pelo gestor. Sendo assim, é de suma importância que tais valores representem a realidade, caso contrário, o modelo forneceria dados pouco úteis para a tomada de decisão. Assim como a demanda, todos os outros parâmetros devem ser cuidadosamente coletados e fornecidos como *inputs* para o modelo. Um bom modelo matemático é aquele que consegue captar ao máximo o comportamento do sistema que está sendo modelado. Caso os dados inseridos não sejam adequados, o resultado obtido também não será.

Propõe-se que ao utilizar o modelo, a empresa estabeleça uma meta de valor máximo a ser destinado para a compra dos insumos de produção e que, periodicamente compare o resultado fornecido pelo modelo com o estabelecido no planejamento. Esta periodicidade deve ser definida com base nos objetivos da empresa. A competitividade cada vez mais acirrada faz com que as empresas precisem se preocupar cada vez mais com seus desempenhos. Neste sentido, a gestão de compras e gestão de estoques podem ser grandes aliadas das organizações que souberem utilizá-las de maneira estratégica.

REFERÊNCIAS

- Amaro, D. (2022). *Gastos com alimentação fora de casa somaram R\$ 164,4 bilhões em 2021*. Recuperado de <https://edicaodobrasil.com.br/2022/05/06/gastos-com-alimentacao-fora-de-casa-somaram-r-1644-bilhoes-em-2021/>.
- Baily, P., Farmer, D., Crocker, B. & Jessop, D. (2021). *Procurement Principles and management in the digital age* (12th edition). England: Pearson.
- Bonini, A. C., Silva, N. G. da, Kellner, F. L., Cruz, F. da, Oening, A. P. & Barros, A. C. C. (2015). Um estudo teórico sobre a história da Pesquisa Operacional. *Evento de Iniciação Científica*, 1(4).
- Borges, T. C., Campos, M. S. & Borges, E. C. (2010). Implantação de um sistema para o controle de estoques em uma gráfica/editora de uma universidade. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, 3(1), 236-247.
- Botô, J. A. & Felizardo, J. M. (2018). Gestão de compras com foco no controle de estoque dos itens alimentícios da empresa Vella Mar Eventos. *Revista de Administração da UNI7*, 304(2), 261-325.
- Bradley, S. P., Hax, A. C. & Magnanti, T.L. (1977). *Applied mathematical programming*. Boston: Addison-Wesley.
- Carvalho, H. M. (2009). *Modelagem Matemática: aplicações da Lei Quadrática de Lanchester aos combates, ao marketing, ao entretenimento e à educação*. *RETA-@* (Online), 1, 28-34.
- Crepaldi, S. A. & Crepaldi, G. S. (2018). *Contabilidade de custos* (6^a ed.). São Paulo: Atlas.
- Dantzig, G. B. & Thapa, M. N. (1997). *Linear Programming: introduction*. New York: Springer Series in Operations Research.
- Datar, S. M. & Rajan, M. V. (2020). *Horngren's Cost Accounting: a managerial emphasis* (17th ed.). England: Pearson.
- FAPESP. Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo. (2005). O raio mortal de Arquimedes. *Revista Pesquisa FAPESP*, 117.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). Recuperado de <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?classe=56112&tipo=cnae&versao=9&view=classe>.
- INFORMS. The Institute for Operations Research and the Management Sciences. (2022). Recuperado de <https://www.informs.org>.
- Martelli, L. L. & Dandaro, F. (2015). Planejamento e controle de estoque nas organizações. *Revista Gestão Industrial*, 11(2), 170-185.
- Martins, E. (2018). *Contabilidade de Custos* (11^a ed.). São Paulo: Atlas.

- Martins, P. G. & Alt, P. R. (2012). *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. São Paulo: Saraiva.
- Müller, F. M. & Azevedo, A. T. de. (2018). A História da Pesquisa Operacional no Brasil: o caso dos encontros regionais de Pesquisa Operacional – ERPO. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 10(3), 128-145.
- Murta, A. L. S. (2016). Strategic Sourcing – uma nova abordagem da área de suprimentos. *Sustainable Business International Journal*, 69.
- Oddo, F. (2022). *Main impacts of digital innovation on the purchasing department in healthcare organizations*. Recuperado de http://essay.utwente.nl/90949/1/Oddo_BA_BMS.pdf.
- Padoveze, C. L. (2010). *Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil* (7ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Pereira, R. R. & Souza, F. E. de. (2021). *Os impactos da pandemia da COVID-19 na gestão de custos dos restaurantes no município de Paraíso do Tocantins*. 12ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão do Instituto Federal do Tocantins, Tocantins/Brasil.
- Pozo, H. (2017). *Administração de Recursos Materiais e Patrimônios: uma abordagem logística* (7ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Poundstone, W. (1993). *Prisoner's dilemma: John von Neumann, game theory and the puzzle of the bomb*. New York: Anchor Books.
- Puertas, A. B. M. & Lanzotti, C. R. (2017). A Gestão de Compras e seu impacto na produtividade. *Revista Fafibe On-Line*, 10 (1), 1-10.
- Saliba, F. M. P. (2006). *A Adoção do Custo Total de Propriedade no Processo de Compras de Grandes Empresas Brasileiras: Um Estudo de Casos*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Santana, C. de C. (2008). *A matemática no projeto Ciência na Escola: a busca da autonomia dos alunos*. (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business studies* (8th ed.). England: Pearson.
- Silva, J. M. e. (2007). Leonardo Da Vinci, um polímata da Renascença. *Boletim da SPHM*, 22 (2), 6-28.
- Simões, É. & Michel, M. (2004). Importância da Gestão de Compras para as Organizações. *Revista Científica Eletrônica de Ciências Contábeis*, 3.
- Sinambela, E. A. & Djaelani, M. (2022). Cost Behavior Analysis and Categorization. *Journal of Social Science Studies*, 2(1), 13-16.

- Taha, H. A. (1981). Integer Programming. In A. G. Holzman (Org.), *Mathematical Programming for Operations Researchers and Computer Scientists* (pp.). New York: CRC Press.
- Taylor, F. W. (1997). *The principles of Scientific Management*. New York: Dover Publications.
- VanDerbeck, E. J. (2013). *Principles of Cost Accounting* (16th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Von Neumann, J. & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- Zachi, J. M. (2016). *Problemas de Programação Linear: uma proposta de resolução geométrica para o Ensino Médio com o uso do GeoGebra*. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.