

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**LOTE ECONÔMICO DE PRODUÇÃO PARA UM
PRODUTO PERECÍVEL: ESTUDO DE CASO EM
UMA INDÚSTRIA DO DF**

Por

DANILO MACEDO TEIXEIRA

16/0070023

Brasília, 10 de maio de 2022.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

LOTE ECONÔMICO DE PRODUÇÃO PARA UM PRODUTO PERECÍVEL: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DO DF

Por

DANILO MACEDO TEIXEIRA

16/0070023

Relatório submetido como requisito parcial para a
obtenção do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof^a. Dr Ana Carla Bittencourt Reis - UnB/EPR _____
(Orientadora)

Prof. Annibal Affonso Neto, PhD. - UnB/EPR _____

Brasília, 10 de maio de 2022.

'Dê-me, Senhor, agudeza para entender, capacidade para reter, método e faculdade para aprender, sutileza para interpretar, graça e abundância para falar, acerto ao começar, direção ao progredir e perfeição ao concluir...'

Tomás de Aquino (1225-1274), Teólogo

DEDICATÓRIA

Dedico este Projeto de Graduação a Deus, Senhor e juiz da minha vida, sem o qual nada seria possível. Dedico à minha família, meu alicerce.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, Márcio Antonio, e à minha mãe, Deyse, que me proporcionaram amor, cuidado e total acesso à educação. Agradeço à Rhaissa Giovana, por ser meu conforto e alento nos momentos difíceis. Agradeço à minha orientadora Ana Carla, que com toda paciência e disposição, nos momentos obscuros, impulsionou-me à luz do conhecimento. Agradeço a Luis Pedro e Felipe Diniz, por me oferecerem abertura e dados necessários para o estudo de caso. Agradeço ao Gerson Junior, Jonathan Smith e Nicolas Shnider, por prestarem fiel ombro amigo.

RESUMO

A perecibilidade de itens produzidos representa um grande desafio para as organizações. Deve-se ao fato de que é preciso equilibrar os estoques, tanto para atender plenamente a demanda, quanto para não existir acúmulos de produtos que logo irão se deteriorar. Portanto, este projeto de graduação é um estudo de caso em uma indústria do Distrito Federal produtora de bolos que possuem alta perecibilidade. Com o intuito de auxiliar o processo decisório de quantidade de bolos a serem produzidos, o objetivo do estudo de caso visa fundamentar a análise e formulação de lotes econômicos de produção (LEP) para um produto perecível específico da referida fábrica. De antemão, faz-se necessário estabelecer a previsão da demanda a partir de uma série histórica de dados.

Dessa forma, propõe-se observar na literatura quais são as principais referências sobre os assuntos correlatos. Inicialmente, é apresentado o conceito de estoque e como se dá o funcionamento de seu gerenciamento. Diante disso, revisou-se o estudo sobre previsão de demanda com tendência e sazonalidade, em que o método de Winters é comumente utilizado para tal fim. Finalmente, é definido o significado de lote econômico de produção, que aprofunda o tema com estudos sobre sua funcionalidade para produtos com perecibilidade

Como metodologia, primeiramente é feita uma análise documental de dados fornecidos pela própria indústria. Posteriormente, é demonstrado o método de Winters (comumente utilizado para demandas de comportamento tendencioso e sazonal) e o Modelo Estocástico de Período Simples para Produtos Perecíveis, segundo Hillier et al. (2013). Cabe ressaltar a consideração dos seguintes pressupostos: o período simples é de 1 mês e a demanda dentro deste mês se comporta como uma distribuição probabilística exponencial.

A partir dos métodos usados, foi analisado resultados ds previsões da demanda do produto. Com essa informação, foi possível encontrar a política ótima para o mês subsequente. Com os objetivos alcançados do estudo de caso, tem-se um a geração de lote econômico de produção como um indicador-chave de performance para planejamento da produção e controle de estoques, do uso à gerência da operação.

Palavras-chave: Estoque; Perecibilidade; Lote Econômico de Produção; Previsão da demanda.

ABSTRACT

The perishability of items represents a major challenge for organizations. It must be necessary to balance inventories, both to fully meet demand, and to avoid the accumulation of products that will deteriorate. Therefore, this project is a case study in an industry in the Federal District of Cake that have high perishability. To assist the decision-making process on the number of cakes insight, the objective of this study case is to substantiate the analysis and formulate economic production quantity (EPQ) for a perishable product specific to the factory. Beforehand, it is necessary to establish a demand forecast from a historical series of data.

In this way, it is possible to observe in the literature which are the main references on related subjects. Initially, the concept of stock is presented and how its management works. Because of this, the study on demand forecasting with trend and seasonality, in which the Winters method is commonly used for this purpose, was reviewed. Finally, the meaning of the economic production batch is defined, which deepens the theme with studies on its functionality for products with perishability.

As a methodology, first of all, documentary data is prepared by the industry. Subsequently, seasonally demonstrates the Winters method (commonly used for the demands of biased behavior and the Simple Period Stochastic Model for Perishable Goods, according to Hillier et al. (2013). It is worth noting the consideration of the following items: the simple period is of 1 month and the demand within that month behaves as an exponential probability distribution.

From the methods used, was analyzed the results obtained from demand forecasting. With this information, it was possible to find the optimal policy for the subsequent month (EPQ). With the objectives achieved in the case study, there is an economic production quantity generation as a key performance indicator for production and inventory control, from use to operation management.

Keywords: Inventory; Perishability; Economic Production Quantity; Demand forecast.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
1.1 Problema do estudo de caso.....	10
1.2 Justificativa.....	10
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo geral.....	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 Descrição da empresa.....	12
1.5 Contextualização.....	12
2. Base conceitual e revisão de literatura	14
2.1 Gerenciamento de estoques	14
2.2 Previsão de demanda com sazonalidade e tendência.....	16
2.3 EPQ (Economic Production Quantity) ou LEP (Lote Econômico de Produção).....	17
2.3.1 Produção de alimentos perecíveis e lotes econômicos de produção.....	19
3. Metodologia e pressupostos	23
3.1 Metodologia.....	23
3.1.1 Análise documental	23
3.1.2 Previsão da demanda pelo Método de Winters	25
3.1.3 Modelo Estocástico de Período Simples para Produtos Perecíveis	27
3.2 Pressupostos.....	28
4. Resultados e análise.....	29
5. Considerações finais, limitações e futuras linhas de pesquisa	33
Referências	34
ANEXO 1.....	36
ANEXO 2.....	38

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estoque: diferenças de timing entre suprimento e demanda.....	14
Figura 2 - Lacunas da literatura separados por de processos da cadeia de suprimentos.....	20
Figura 3 - Histórico da demanda – 2019.....	27
Figura 4 - Histórico da demanda – 2020.....	28
Figura 5 - Histórico da demanda – 2021.....	28
Figura 6 - Demanda real x Previsões.....	29
Quadro 1 - Algumas razões para evitar estoques.....	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados históricos de vendas unitárias - 2019.....	36
Tabela 2 - Dados históricos de vendas unitárias - 2020.....	36
Tabela 3 - Dados históricos de vendas unitárias - 2021.....	37
Tabela 4 - Dados da previsão da demanda pelo Método de Winters.....	38

1. Introdução

1.1 Problema do estudo de caso

Segundo Amorim et al. (2014), a perecibilidade de produtos e insumos é capaz de representar um grande problema para indústrias correlatas, como é o caso das indústrias alimentícias. Além do fato exposto, tudo deve confluir para uma produção que atenda a demanda de produtos alimentícios de forma eficaz, ou seja, sem atrasos nos pontos de vendas, e que respeite a validade dos produtos, juntamente com uma quantidade equilibrada de produto acabado em estoque (SLACK *et al.*, 2020).

Os gerentes de produção costumam ser ambivalentes com relação ao estoque. Por um lado, às vezes utilizam demasiadamente montantes de capital disponíveis. Mantê-los também é arriscado, pois os itens do estoque podem se deteriorar, ficar obsoletos ou se perder; além disso, ocupam um espaço valioso nas operações. Por outro lado, eles fornecem um grau de segurança em um ambiente incerto, pois as empresas podem entregar itens de estoque em tempo hábil, com base na demanda do cliente. Esse é o dilema do gerenciamento de estoque: apesar dos custos de manutenção e outras desvantagens, ele facilita a coordenação entre oferta e demanda. Na verdade, ele existe apenas porque oferta e demanda não estão completamente em harmonia.

Portanto, a problemática norteadora para a realização deste trabalho é: como poderiam ser definidas as quantidades ideais a serem produzidas, de maneira que auxiliem o gerenciamento do estoque de uma indústria alimentícia do Distrito Federal?

1.2 Justificativa

Embora a gestão de estoques possa ser bem executada em setores na qual imperam multinacionais, regionalmente, empresas de menor estrutura são afetadas por uma gestão de estoques quase que primitiva. Galgar posições mais relevantes nas quotas de mercado é impossível sem um gerenciamento de estoques prático e eficiente. Em face disso, a empresa foco da realização deste estudo de caso possui cerca de 50 funcionários diretos. Tendo em vista a grande quantidade de empresas desse porte, elas geram inúmeros empregos. Uma gestão de estoque otimizada diminuiria muitos custos, fomentaria negócios de pequenos/médios

empreendedores locais, fazendo com que fossem gerados cada vez mais postos de trabalho. Todavia, no âmbito do conhecimento da engenharia de produção, representa a aplicação de uma parte da gestão de estoques e uma real tentativa de diminuição de custos, com a produção de novos investimentos através da economia potencialmente gerada.

Portanto, a deliberação das proporções a serem fabricadas, inserida num contexto de planejamento de estoque, é de primordial interesse da indústria, tanto para diminuição de custos quanto para o atendimento pleno à demanda e a realização deste projeto. Consequentemente, aumentar-se-ão os lucros na operação. A citação direta, bem como descrição da estrutura da empresa não constarão no estudo de caso, pois foi solicitado sigilo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo formular lote econômico de produção de um produto perecível específico, como indicador de desempenho que norteia o planejamento e controle da produção, para uma indústria localizada no Distrito Federal – Brasil.

1.3.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral, foram demarcados, fundamentalmente, objetivos menores ou específicos:

- Analisar a demanda pelos produtos da indústria brasileira;
- Rastrear principais desafios de uma produção voltada aos produtos perecíveis e de alta complexidade de armazenamento;
- Determinar um modelo de lote econômico de produção, considerando a perecibilidade dos produtos;
- Aplicar dimensionamento de lote para programar e gerenciar a fabricação de produtos perecíveis.

1.4 Descrição da empresa

O estudo de caso acontece numa indústria do Distrito Federal. A empresa foi fundada em 1999 e fabrica bolos segundo receita típica estadunidense. O item confeitado recebe uma massa que não cresce e contém muito chocolate, além da possibilidade de rechear com diversos complementos (doce de leite, creme de avelã, nozes). Com tamanho sucesso de vendas que foi alcançado, a marca e o produto foram popularizados na região, a estar presente em vários varejistas, restaurantes e lanchonetes de renome na cidade.

A indústria atualmente conta com opções de *delivery*.

1.5 Contextualização

Uma indústria de bolos do Distrito Federal – Brasil apresenta inúmeros problemas com a sua produção. Além de uma gestão da cadeia de suprimentos complexa, devido aos volumes demandados, tem-se notado percalços no planejamento da sua produção. Tal fato afeta diretamente o estoque de armazenamento de itens perecíveis, que têm uma vida útil de 45 dias. Constata-se, de fato, que existe percepção da demanda pela mercadoria com uma sazonalidade considerável. Os meses em que existe o costume, na sociedade, de consumir doces (Páscoa e Natal) são os períodos de maiores vendas.

Além disso, a empresa convive com o problema de seus clientes (lojistas, sejam do atacado ou varejo) terem o ímpeto de não aceitar seus produtos caso não forem frescos (produzidos recentemente), pois, em vista da curta validade, não têm tempo hábil para sua comercialização ao consumidor final. O comportamento arisco da demanda é justificado por Amorim et al. (2014), que estudam a existência de impactos significativos no comportamento do consumidor no planejamento das indústrias alimentícias que trabalham com entregas pontuais de mercadoria diretamente na loja revendedora.

Portanto, para atender de forma adequada à demanda, a indústria adotou uma política de produção que rememora produções enxutas que utilizam a cultura *Just in time*. A indústria também possui o direcionamento de que o primeiro produto a ser produzido será o primeiro a ser expedido (*First in, First Out*).

1.5 Estrutura dos capítulos

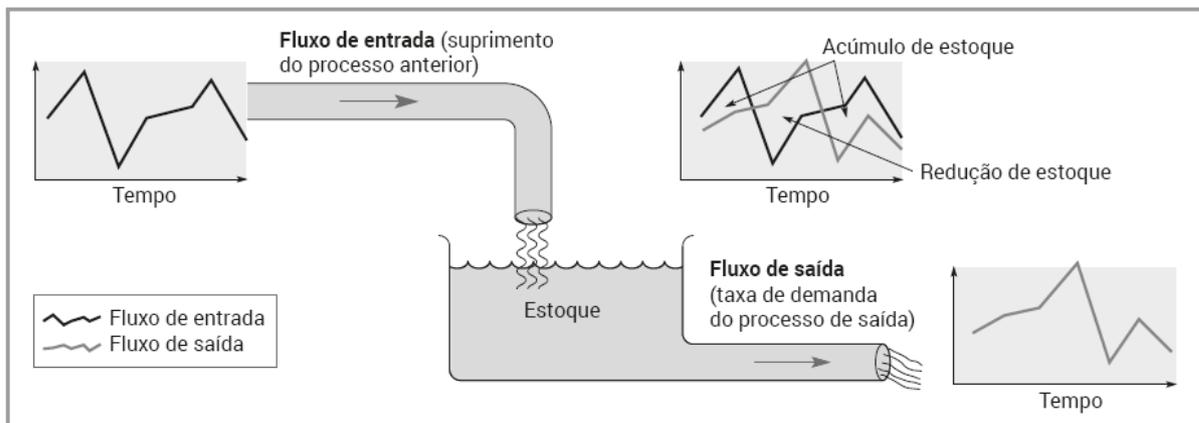
Este estudo de caso está estruturado em seis seções. A primeira seção apresenta a introdução, que descreve a conjuntura do estudo de caso e define os objetivos. A segunda seção consiste na exposição da revisão de literatura e base conceitual acerca do gerenciamento de estoques, previsão de demanda e lotes econômicos de produção. Já a terceira seção tem como objetivo explicitar os modelos e pressupostos adotados para a realização do projeto. Na quarta seção consta, metodologicamente, como são feitos os cálculos, bem como na quinta seção apura-se os resultados numéricos. Finalmente, a sexta seção aborda as conclusões finais elaboradas.

2. Base conceitual e revisão de literatura

2.1 Gerenciamento de estoques

Estoque é a expressão usada para descrever acúmulo de materiais, cliente ou informações à proporção que fluem através de processos ou redes (Slack et al., 2020). O gerenciamento das “acumulações” é o que se denomina por “gestão de estoques”. Assim como no próprio livro de Slack et al. (2020), a maioria das coisas fluem de maneira desigual, os estoques são fruto de fluxos irregulares, pois a maioria dos sistemas produtivos encaram suprimento e demandas distintas, ao menos em algum ponto da sua cadeia de suprimentos. De forma análoga ao funcionamento de um tanque de d’água, a Figura 1 ilustra o pensamento do autor. Nela visualiza-se o fluxo de entrada e de saída do tanque. Se acaso o fluxo de entrada for maior que o fluxo de saída, ocorrerá “acúmulo” de água, ou seja, um estoque. Inversamente ocorrerá caso o fluxo de saída for maior que o de entrada, isto significa que haverá um “desacúmulo” de água, uma redução de estoque.

Figura 1: Estoque: diferenças de timing entre suprimento e demanda



Fonte: Slack et al. 2020

Segundo Sana et al. (2010), os estudiosos e engenheiros de produção focaram em três dimensões do gerenciamento de estoques: utilização (mede a eficiência das firmas que usam seus estoques), eficácia (mede a qualidade de saída do processo) e produtividade (a eficiência de transformação, encontrada na taxa de giro do estoque). Para eles, a suposição clássica dos lotes econômicos de produção em que todos os itens produzidos estão em perfeita qualidade é

falsa. Por isso, Sana et al. (2010) chegam ao consenso de que o fator de qualidade do produto e a taxa de produção são fatores essenciais que permeiam a trajetória de uma produção ideal. Dessa forma, o artigo tem por objetivo utilizar o método de Euler-Lagrange para obter soluções ótimas, tendo como resultado a introdução de um modelo estocástico para orientar uma indústria na abordagem de fatores de confiabilidade de produtos variáveis, custos unitários de produção variável e taxa de produção dinâmica para demanda variável no tempo.

Sakar et al. (2010) consideram e reconhecem que, no cotidiano de sistemas manufaturados, é inevitável a geração de produtos defeituosos e paralisações randômicas nos equipamentos de produção. Mais especificamente, Sakar et al. (2010) consideram que tais falhas, tanto nos produtos quanto nas máquinas, decorrem de um ambiente de manufatura configurado no modelo *juts-in-time* (JIT). Portanto, adotaram um modelo em que são empregadas manutenções preventivas e corretivas, estoque de segurança para tempos de reparo e faltas para generalizá-lo. Exceto quanto a avarias de máquinas, o sistema de manufatura pode mudar do estado de controle da produção para um estado fora de controle. Certa porcentagem da produção total consiste em itens defeituosos que podem ser retrabalhados imediatamente pelo custo para fazer itens de qualidade tão boa quanto perfeita. A função custo é maximizada pelo método de Khun-Tucker. Tanto os resultados numéricos das soluções ótimas (para confiabilidade ótima, lote econômico de produção e segurança de estoque) quanto da sensibilidade alteram diferentemente os principais parâmetros.

Ao retornar ao livro de Slack et al. (2020), encontra-se o seguinte princípio da administração da produção: “o estoque deve acumular-se apenas quando suas vantagens superarem as desvantagens.” (Slack et al., 2020, p. 488). Ou seja, o estoque existe para suavizar as diferenças entre a oferta e a demanda. Em face disso, são identificadas algumas razões para evitar o acúmulo de estoque, organizadas através do Quadro 1.

Quadro 1: Algumas razões para evitar estoques

	"Estoques"		
	Estoques físicos	Filas de clientes	Informações em bancos de dados
Custo	Comprometem o capital de giro e podem ter custos administrativos e de seguro elevados.	Principalmente o custo do tempo dos clientes, isto é, os desperdícios de tempo dos clientes.	Custo inicial, de acesso, de atualização e de manutenção.
Espaço	Requerem espaço para estocagem.	Requerem áreas de espera ou linhas telefônicas para reter as ligações.	Requerem capacidade de memória. Podem exigir ambiente protegido e/ou especial.
Qualidade	Podem deteriorar-se no decorrer do tempo, danificar-se ou tornar-se obsoletos.	Podem irritar os clientes se tiverem que esperar muito tempo. Podem levar à perda de clientes.	Os dados podem estar corrompidos, perdidos ou tornarem-se obsoletos.
Operacional/organizacional	Podem ocultar problemas (veja o capítulo sobre produção enxuta – Capítulo 15).	Podem colocar pressão indevida sobre os funcionários e, assim, a qualidade fica comprometida no atravessamento.	Os bancos de dados precisam de gerenciamento constante, controle de acesso, atualização e segurança.

Fonte: Slack et al. (2020)

Portanto, com a finalidade de atingir o referido equilíbrio, faz-se necessário um estudo aprofundado da demanda. Na realização do estudo de caso, a demanda possui comportamento com sazonalidade e tendência. Como consequência, é utilizado um método mais robusto para sua previsão, que será introduzido na seção seguinte.

2.2 Previsão de demanda com sazonalidade e tendência

Previsão é a maneira de caracterizar informações significativas sobre o futuro. Atualmente, em um ambiente de negócios tão competitivo, é irrefutável que as previsões exercem uma função primordial, pois norteiam o planejamento estratégico da produção, finanças e vendas de um sistema produtivo. É fundamental para as previsões que sejam coletados dados em séries temporais, a fim de aplicar métodos avançados que foram desenvolvidos ao longo do tempo e fornecem mais credibilidade. O avanço mais importante, segundo a revisão de Gardner Jr. (2006), é a invenção de uma lógica estatística para suavização exponencial, baseada em uma nova classe de modelos de espaço de estado com uma única fonte de erro. Lista-se também em suas pesquisas um novo método adaptativo para suavização simples, o primeiro desses métodos demonstra uma precisão de previsão melhorada e confiável em relação à suavização de parâmetro fixo. A confusão de longa data na literatura sobre se e como renormalizar os índices sazonais nos métodos de Holt e Winters foi finalmente resolvida.

Existem trabalhos significativos na previsão para controle de estoque, que compreendem o desenvolvimento de novas distribuições preditivas para a demanda total de tempo de entrega e várias versões aprimoradas do método de Croston para previsão série temporal intermitente. Lamentavelmente, houve pouco progresso na identificação e seleção de suavização exponencial métodos. A pesquisa nesta área é melhor descrita como inconclusiva, e ainda é difícil superar a aplicação de um amortecedor tendência para todas as séries temporais.

O desenvolvimento da tecnologia e seu uso para controle automatizado de estoque e planejamento de produção trouxe consigo a busca por previsões explícitas da comercialização de produtos e materiais individualizados. Essas previsões devem ser calculadas continuamente para milhares de itens, para que sejam realizadas agilmente e, tanto em termos de tempo computacional quanto de armazenamento de informações, de maneira menos custosa; eles devem reagir às condições e às diversas modificações. Desse modo, o artigo de Winters (1960) formula um método de previsão de vendas que dispõe esses atributos desejáveis e, em conjunturas de competência de previsão, tem performance favorável se comparado com outros métodos mais comuns da época em questão. São apresentados vários modelos do sistema de previsão exponencial, juntamente com exemplos aplicados, os quais apresentam sazonalidade e tendência. Fernandes et al. (2010) apresenta de forma didática o método de Winters, que é mais elaborado e conhecido para previsão da demanda (WINTERS, 1960). A estimativa emprega o procedimento da minimização dos quadrados dos desvios. Fernandes et al. (2010) divide o método em quatro passos, que estão descritos na seção 3.2 deste projeto.

Contudo, a previsão estimada ainda é incerta. As vendas podem ocorrer como previsto, bem como extrapolarem ou não as expectativas. Em vista disso, na próxima seção, surge o conceito de lotes econômicos de produção, na tentativa de equilibrar o risco da falta do produto e de superprodução.

2.3 EPQ (Economic Production Quantity) ou LEP (Lote Econômico de Produção)

Os gerentes da produção diariamente precisam administrar tarefas que envolvem o gerenciamento de estoques. Uma das principais decisões que implicam a sua função é o volume ou quantidade dos produtos a serem transformados no processo produtivo. Em face disso, emerge a definição de Lote Econômico de Produção (em inglês, *Economic Production Quantity*), que é usado pelo setor industrial para amparar as empresas fabris na determinação

do lote de produção ideal que minimiza os custos gerais de produção e estoque (Hillier; Lieberman, 2010).

Nos sistemas produtivos da realidade, a geração de peças defeituosas e a danificação aleatória do maquinário de produção são inevitáveis. Nesse sentido, Chiu et al. (2007) preocupam-se em determinar o tempo ideal de execução para um modelo de lote econômico de produção com sucata, retrabalho e quebras de equipamentos estocásticos. No artigo, uma parte dos itens defeituosos é considerada sucata, enquanto a outra é considerada reparável. As funções de custo total de produção-estoque são derivadas respectivamente para ambos os modelos de lote econômico de produção com desagregação (é adotada a política de não recomposição) e sem desagregação. Essas funções de custo são integradas e o teorema de recompensa de renovação é usado para lidar com a duração variável do ciclo. Teoremas sobre a convexidade condicional dos custos globais integrados e os limites do tempo de execução da produção são propostos e fornecidos. Exemplo numérico é fornecido para demonstrar seus usos práticos. Conclui-se que o tempo de execução ótimo está dentro do intervalo de limites e pode ser identificado pelo uso do método da bissecção baseado no teorema do valor intermediário.

Hsu (2003) foca em formular em modelo de lote econômico de produção para produtos perecíveis no qual os custos de manutenção do estoque em cada período dependam da idade dos produtos estocados e dos custos dos pedidos em atraso. O problema é solucionado através do programação dinâmica em tempo polinomial para resolver dois problemas estruturados: com demandas não decrescentes e outro sem custo marginal de estoque. Os resultados generalizam um estudo recente sobre um modelo de lote econômico de produção, mas sem estoques iniciais.

Pal et al. (2009) estabelecem pela primeira vez um modelo de lote econômico de produção que incorpora descontos de preço promocionais na demanda, em que o tempo de validade é impreciso na natureza. Seus estudos também adaptaram o modelo a dois aspectos importantes: introdução da validade do produto como um número fuzzy e considerar os efeitos da aprendizagem dos colaboradores na produção, bem como os custos de instalação. Nesse artigo, encontra-se a sugestão de um modelo de lote econômico de produção (LEP) para um produto recém lançado. No entanto, é desenvolvido em um horizonte de planejamento impreciso, ou seja, a vida útil do produto é de natureza difusa. No início de cada ciclo é oferecido desconto no preço para aumentar a demanda. A demanda obedece ao tempo e ao preço durante o período de desconto de preço. Finalmente, a decisão ótima é feita usando Algoritmo Genético que se aproxima da solução ótima.

2.3.1 Produção de alimentos perecíveis e lotes econômicos de produção

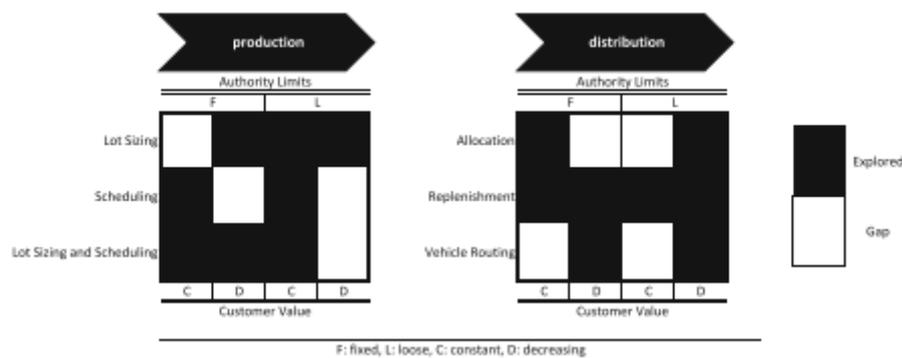
No âmbito das publicações de revisões de literatura, Bakker et al. (2012) trazem uma atualização da perspectiva dos estudos acadêmicos sobre controle de estoques de itens perecíveis dos anos 2001 a 2011. Eles afirmam que a última revisão extensa sobre esse tópico é datada de 2001 (Goyal S.K. e Giri B.C., Recent trends in modeling of deteriorating Inventory, *European Journal of Operational Research*, 134, 1–16). Desde então, mais de 200 artigos foram publicados nos principais periódicos sobre controle de estoque de itens deteriorativos. Os trabalhos foram organizados em 3 fases: primeira fase consistiu na classificação por temas de deterioração encontrados em cada jornal/revista de relevância; a segunda fase consistiu na eliminação de artigos de pouca relevância e a fase final em verificar e adicionar as referências dos trabalhos já selecionados. Ao todo, foram 225 artigos catalogados. Com efeito, as contribuições são destacadas discutindo as principais características do sistema, incluindo descontos de preços, pedidos em espera ou vendas perdidas, itens únicos ou múltiplos, um ou dois depósitos, custo médio ou fluxo de caixa descontado e atraso no pagamento.

A vida útil limitada de produtos alimentícios, requisitos em relação à temperatura e umidade, possíveis efeitos da interação entre os produtos, janelas de tempo para entrega deles, altas expectativas do cliente e baixas margens de lucro tornam a gestão da distribuição de alimentos uma área desafiadora que só recentemente começou a receber mais atenção, tanto na prática quanto na literatura de gestão de operações (Akkerman et al., 2010). Os autores da pesquisa científica de Akkerman et al. (2010) focaram em três principais aspectos: qualidade alimentar, segurança alimentar e sustentabilidade. A metodologia da investigação foi baseada na discussão da literatura em três níveis de decisão: projeto estratégico de rede, planejamento tático de rede e planejamento operacional de transporte. Por conseguinte, para cada um dos níveis, foram levantadas contribuições, debates sobre o estado da arte e identificação dos desafios para pesquisas futuras.

O gerenciamento da perecibilidade pode significar um problema notável no gerenciamento da cadeia de suprimentos de um conjunto diversificado de indústrias. A perecibilidade pode influenciar a produtividade ou o atendimento ao cliente, e, conseqüentemente, ocorrerem um ou mais processos em toda a cadeia de suprimentos. Portanto, Amorim et al. (2011) recapitulam, através de uma revisão de literatura, conceitos importantes sobre o gerenciamento da perecibilidade dos produtos nas cadeias de suprimentos de diversos

setores, bem como mostram sua relevância e revisam a literatura relacionada ao planejamento de produção/distribuição. A revisão em questão apresenta uma nova estrutura para classificar modelos de perecibilidade com base em múltiplas características do processo. O resultado é a identificação de lacunas que a literatura apresenta e colocar em evidência futuras linhas de pesquisa, conforme ilustra a figura 2. Nesta figura fica evidenciado pelos blocos em branco onde existem lacunas de estudos sobre perecibilidade. Como destaque, tem-se poucos estudos sobre dimensionamento de lote, com limites de autoridade fixos e percepção de valor do cliente constante.

Figura 2: Lacunas da literatura separadas por processos da cadeia de suprimentos



Fonte: Amorim et al. (2011)

No livro de Hillier et al. (2013) é definido que um produto perecível é aquele possui um tempo bem limitado para permanecer no estoque antes de perder sua validade, e, conseqüentemente, a habilitação para ser comercializado. Tal problemática é comumente chamada de problema do jornaleiro. Conforme a citação do próprio Hillier et al. (2013), existem alguns tipos de produtos que podem ser listados como perecíveis.

Alguns tipos de produto perecível: periódicos, como jornais e revistas; flores à venda por um florista; a preparação de comida fresca em restaurantes; produtos alimentícios, incluindo frutas frescas e vegetais, a ser vendidas em um armazém; árvores de natal; vestiário sazonal, como casacos para o inverno, em que qualquer mercadoria que sobre no final de uma estação deve ser vendida a preços com grandes descontos para liberar espaço para a próxima estação; cartões de felicitações sazonais (casamento, aniversário, Ano Novo, Natal...); produtos da moda que em pouco tempo ficam fora de moda; carros novos no final do ano de um modelo; qualquer produto que breve se tornará obsoleto; peças de reposição vitais que devem ser fabricadas durante a última produção de um lote de peças de determinado modelo de um produto (por exemplo, um avião) para uso conforme a necessidade durante o longo período de vida desse modelo; reservas feitas por uma companhia aérea para determinado voo, já que os assentos disponíveis no voo podem ser vistos como o estoque de um produto perecível (eles não podem ser vendidos após o voo ter acontecido). (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 835)

A decisão sobre o valor do lote econômico de produção depende demasiadamente da demanda, que pode ter seu comportamento analisado pela distribuição probabilística. No entanto, pode ser desejável o atendimento da demanda em níveis superiores ao esperado, do mesmo modo que a venda dos produtos ocorra abaixo da previsão estimada. É necessário atingir um equilíbrio entre o risco da falta do produto e o risco da superprodução. Com o desequilíbrio desses riscos, incorrerão, respectivamente, custos de escassez pela ausência do item e manutenção das unidades em excesso. Sendo assim, emerge a relevância do desenvolvimento do Modelo Estocástico de Período Simples para Produtos Perecíveis, que fornece o nível de estoque ótimo.

Na produção de produtos perecíveis, como laticínios, carnes ou produtos de panificação, a consideração da vida útil no planejamento da produção é de particular importância. Os clientes de varejo com giros de estoque relativamente baixos podem se beneficiar significativamente de uma vida útil mais longa do produto, à medida que o desperdício e as taxas de falta de estoque diminuem (Lütke Entrup et al. 2005). Dessa forma, Lütke Entrup et al. (2005) buscam desenvolver lotes econômicos e programações de produção através da programação inteira mista que integre a validade de iogurtes de uma indústria. Este é um ótimo exemplo de modelo de planejamento que incorpora características importantes de perecibilidade dentro do seu escopo, assim como modela o valor decrescente do cliente e os limites de autoridade fixos na fabricação de iogurtes. Neste artigo, desenvolveu-se modelos de Programação Linear Inteira Mista que integram questões de validade no planejamento e programação da produção para realização de estudo de caso na referida indústria produtora de iogurte. A realização de cada modelo para o estudo de caso se comporta adequadamente para gerar soluções quase ótimas de um problema de planejamento e programação da indústria. Como o prazo de validade dos produtos foi explicitamente considerado, o uso de ferramentas de planejamento promete maior frescor deles.

Wang et al. (2009) aprofundam a questão referente às indústrias de alimentos estarem sob pressão em relação à melhoria da segurança alimentar, implementação de gerenciamento de risco eficiente e gerenciamento da qualidade dos produtos perecíveis colhidos no campo até o prato do consumidor. Cada integrante de uma cadeia de fornecimento de alimentos deve fazer ajustes estratégicos e operacionais apropriados, a fim de realçar a qualidade do produto e elevar a eficiência e produtividade (ou seja, maiores lucros). Dessa forma, o objetivo do artigo de Wang et al. (2009) é desenvolver um modelo de otimização que integre iniciativas de rastreabilidade com fatores de operação. Dessa maneira, alcança-se a desejada qualidade do

produto, que contém alta perecibilidade e impacto mínimo de devoluções do produto de uma forma otimizada. Além disso, um estudo de caso é realizado, no qual se busca encontrar o lote econômico de produção para integrar um planejamento de rastreabilidade de operação para alimentos perecíveis. O resultado entre a comparação do modelo desenvolvido e o realizado demonstra vantagens na rastreabilidade de aspectos operacionais, no entanto, em empresas que não possuem problemas significativos de segurança, pode-se encontrar melhores desempenhos de fabricação nos quais as devoluções podem ser ignoradas.

Em adendo à temática sobre decisões de preço e quantidade a ser produzida de produtos com certa perecibilidade, Raz et al. (2006), primeiramente, pesquisaram o modelo do problema do jornaleiro. Posteriormente, desenvolveram um método para determinar preços e quantidades ótimas de produtos que obedecem ao problema do jornaleiro. Nesse estudo, é considerado que a demanda é incerta e sensível ao preço. Isto posto, identificaram efeitos que frequentemente não são analisados ao se tratar conjuntamente o preço e a quantidade a ser produzida no problema do jornaleiro. Para a identificação dos efeitos, foi ilustrada uma estrutura simplificada de incerteza da demanda que pode acarretar lucros substancialmente menores.

Amorim et al. (2014) incorporam que a ânsia do cliente em adquirir os produtos alimentícios perecíveis mais frescos resulta em modelos de planejamento de produção determinísticos e estocásticos, para empresas que atuam no segmento de bens de consumo rápido com entrega direta à loja. Dessa forma, o estudo de Amorim et al. (2014) aponta que não considerar a diminuição da disposição do cliente em pagar terá grandes relevância para a perda de lucros e a quantidade de produtos estragados, que prejudica sistemas produtivos por inteiros. A demanda estudada neste caso em questão é influenciada pela diminuição da vontade do cliente em pagar por um produto com idade avançada e pela percepção do risco da qualidade desse. O estudo baseia-se em estudos de marketing predecessores relacionados aos efeitos das datas de validade para derivar fórmulas matemáticas que expressam a demanda dependente da idade para diferentes produtos.

3. Metodologia e pressupostos

3.1 Metodologia

Neste projeto de graduação é realizado de um estudo de caso na referida indústria de doces da região de Brasília, para formular um modelo adequado de lotes de produção otimizados, que funcionem como indicador-chave de performance para o processo decisório da cadeia de suprimentos. Primeiramente, foi realizada uma análise documental de dados reais da demanda do produto, concedidos pela indústria (Seção 3.1.1). Posteriormente, é analisada a previsão da demanda pelo Método de Winters (Seção 3.1.2). Desse modo, é analisado o estudo de formulação de lotes econômicos de produção através do Modelo Estocástico de Período Simples para Produto Simples.

Tendo em vista a perecibilidade da mercadoria, é adotada pela indústria uma estratégia de produção do tipo *Just in Time*, na qual os produtos são produzidos a partir de um pedido do cliente. Logo, para a execução deste trabalho, será considerado um período simples de 30 dias para simplificação e melhor organização dos cálculos. Os produtos permanecem menos de 3 dias em estoque e logo são despachados ao distribuidor, obedecendo um princípio FIFO (*First In, First Out*), ou seja, os primeiros produtos acabados que chegam ao armazenamento são os primeiros a serem despachados para entrega. Diante da dinâmica exposta e adotada pela indústria, considerando os pressupostos descritos na seção 3.2, a demanda se comporta na forma de uma distribuição exponencial dentro de 1 mês.

3.1.1 Análise documental

A diretoria forneceu os dados históricos da demanda (nº de vendas) de cada mês do produto mais vendido, um bolo aperitivo, com calda e recheio de doce de leite, referente aos anos 2019, 2020 e 2021, a fim de realizar uma análise documental. Porém, os dados de 2019 e 2020 foram bastante defasados e desuniformes., conforme as figuras 3 e 4 (dados históricos se encontram nas tabelas do Anexo 1). Para as figuras 3, 4 e 5; o eixo das ordenadas é representado a quantidade unitária do bolo específico e no eixo das abcissas são representados os meses do ano.

Figura 3: Histórico da demanda - 2019



Fonte: o próprio autor

A Figura 4, nota-se a presença de muitos picos e vales para a demanda de 2019. Especialmente no final de 2019, em razão dos novos acordos de fornecimento, elevaram-se os níveis de produção. Sendo assim, tal comportamento irregular foi o motivo para se desconsiderar previsões da demanda no referido ano.

Figura 4: Histórico da demanda - 2020

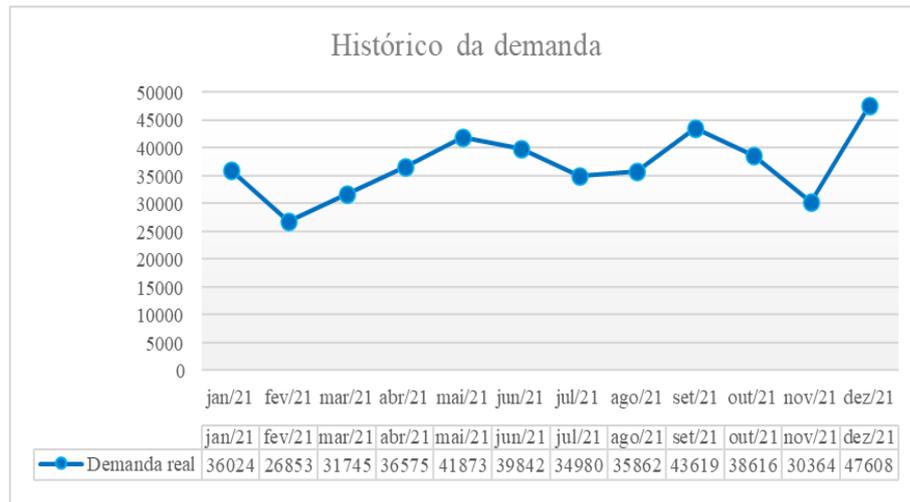


Fonte: o próprio autor

Na Figura 5, nos meses de março e abril de 2020, houve um decréscimo vertiginoso na demanda. Tais meses correspondem ao início da pandemia de COVID-19, em que muitos estabelecimentos estiveram fechados, a afetar diretamente as vendas do produto em

questão. Logo, por também apresentar comportamento incomum, os dados do ano de 2020 foram descartados. Portanto, somente foi aproveitado para o estudo de caso os dados históricos da demanda do ano de 2021 (Figura 6), em que é apresentado as quantidades vendidas detalhadamente.

Figura 5: Histórico da demanda - 2021



Fonte: o próprio autor

A estrutura de custos do produto estudado também foi concedida pela organização. Assim, temos que o custo de escassez por unidade de demanda insatisfeita é de R\$1,52; o custo unitário produção de cada unidade é R\$0,91; e o custo de manutenção de estoque por unidade é R\$ 0,58.

3.1.2 Previsão da demanda pelo Método de Winters

Fernandes et al. (2010) explicam o Método de Winters em três passos. Com acesso ao histórico da demanda, o primeiro passo consiste no cálculo da tendência por período (T_T), com os dados dos últimos dois períodos, calculando a diferença entre as demandas médias e dividindo esse valor pelo número de variações sazonais (neste trabalho, foram considerados trimestres de 2021). Posteriormente, é possível o cálculo da previsão suavizada exponencialmente (S_T). Dessa forma, sabe-se que:

$$T_T = \frac{\bar{d}_x - \bar{d}_y}{L} \quad (1)$$

$$S_T = \text{demanda média} + \left(\frac{T - 1}{2}\right) T_T \quad (2)$$

Onde,

\bar{d}_T = demanda média para o último trimestre,

\bar{d}_{T-1} = demanda média para o penúltimo trimestre,

L = nº de variações sazonais.

O segundo passo será o cálculo dos fatores de sazonalidade no período t , que é dado por:

$$F_t = \frac{d_t}{S_T - T_T(T - t)} \quad (3)$$

Posteriormente, são calculadas as médias dos fatores sazonais de cada período equivalente dentro das estações, ou seja, se considerar o ano de 2021, obtém-se a média dos fatores do primeiro mês do primeiro trimestre (janeiro), do primeiro mês do segundo semestre (abril), do primeiro mês do terceiro semestre (julho) e do primeiro do quarto trimestre (outubro). Assim será feito para os demais meses, sendo denotado por F_{T+k-L} .

O terceiro passo será calcular a previsão para o período $T+k$ pelo método de Winters, que é dado por:

$$P_{T+k} = (S_T + kT_T)F_{T+k-L} \quad (4)$$

A fim de validar os dados e controlar as previsões, são calculados os erros (e_t), com a possibilidade de se aplicar o Desvio Médio Absoluto (DAM) e a Porcentagem Média Absoluta (PMA), dados pelas seguintes equações

$$DAM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t| \quad (5)$$

$$PMA = \frac{1}{T} \left(\sum_{t=1}^T \frac{|e_t|}{d_t} \right) \quad (6)$$

O quarto passo é a atualização de S_T , T_T e F_T assim que são coletados os dados reais da demanda, fazendo-se desnecessários os cálculos para o projeto.

3.1.3 Modelo Estocástico de Período Simples para Produtos Perecíveis

De acordo com Hillier et al. (2013), em consequência da demanda ser uma variável contínua, $f(x)$ é uma função de densidade probabilística da demanda em que sua distribuição cumulativa é dada por:

$$F(d) = \int_0^d f(x) dx \quad (7)$$

Considerando a hipótese de que $f(x)$ tenha uma distribuição exponencial, devido ao fato de que em cada venda feita o histórico de estoque normal irá decrescendo em formato exponencial, tem-se que:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha x}, \text{ para } x \geq 0 \quad (7)$$

Onde α é a média da distribuição exponencial, que é dada por:

$$\alpha = \frac{1}{\lambda} \quad (8)$$

Portanto,

$$F(d) = \int_0^d \alpha e^{-\alpha x} dx \quad (9)$$

$$F(d) = 1 - e^{-\alpha x}, \text{ para } x \geq 0 \quad (10)$$

$$F(d) = 1 - e^{-x/\lambda} \quad (11)$$

onde d é a demanda que deve ser atendida e λ é a previsão da demanda.

Hillier et al. (2013) também postulam que o nível de atendimento ótimo é dado por

$$F(S^*) = \frac{p-c}{p+h} \quad (12)$$

onde,

p = custo de escassez por unidade de demanda insatisfeita

c = custo unitário para produção de cada unidade

h = custo unitário de manutenção de estoque por unidade ao final do período

S^* = nível de estoque ótimo (LEP)

S^* , o nível de estoque ótimo, ou seja, um Lote Econômico de Produção, deve satisfazer a demanda, igualando-se a d . Portanto, o nível de estoque S^* pode ser obtido pela resolução da equação algébrica (13):

$$1 - e^{-S^*/\lambda} = \frac{p - c}{p + h} \quad (13)$$

3.2 Pressupostos

Antes da apresentação dos modelos adotados, a realização deste estudo de caso considerará os seguintes pressupostos:

- 1) Dentro de um período simples será considerado que a demanda tem um comportamento de uma função de distribuição probabilística do tipo exponencial;
- 2) A execução do modelo envolve um único produto perecível;
- 3) O modelo não é aplicado em situações com estoque inicial;
- 4) O modelo não é aplicado em situações que necessitem de custo de implantação;
- 5) A única decisão a ser tomada é com relação ao número de unidades a ser encomendadas para a fabricação;
- 6) Demanda é uma variável aleatória contínua;
- 7) Resultado da previsão da demanda como a média da Função Exponencial.

4. Resultados e análise

Diante do exposto, foi notado que há uma certa tendência e sazonalidade nos dados da demanda, utilizou-se o Método de Winters para fazer a previsão dela. Sendo assim, para tabulação e cálculo da previsão, utilizou-se o software Microsoft Office Excel. A tabela com os dados pode ser encontrada no Anexo 2 deste projeto. Foi considerado neste projeto um número de variações sazonais (L) igual a 3 meses. A demanda média foi calculada em 36.996,75 unidades do bolo mais vendido. Calculou-se, também, o valor médio da demanda do último e penúltimo trimestre, com os valores respectivos de 38153,7 unidades e 38862,7 unidades. Seguindo o primeiro passo do método de previsão da demanda de Winters, segundo as equações (1) e (2), obteve-se, portanto,

$$T_T = 236,33$$

$$S_T = 38296,6$$

O segundo passo consiste no cálculo dos fatores de sazonalidade de cada mês (equação (3)), cujos valores também se encontram na tabela do Anexo 2. Porém, nos fatores de sazonalidade para o próximo trimestre, que são as médias dos meses dentro dos respectivos trimestres, foram encontrados os seguintes valores:

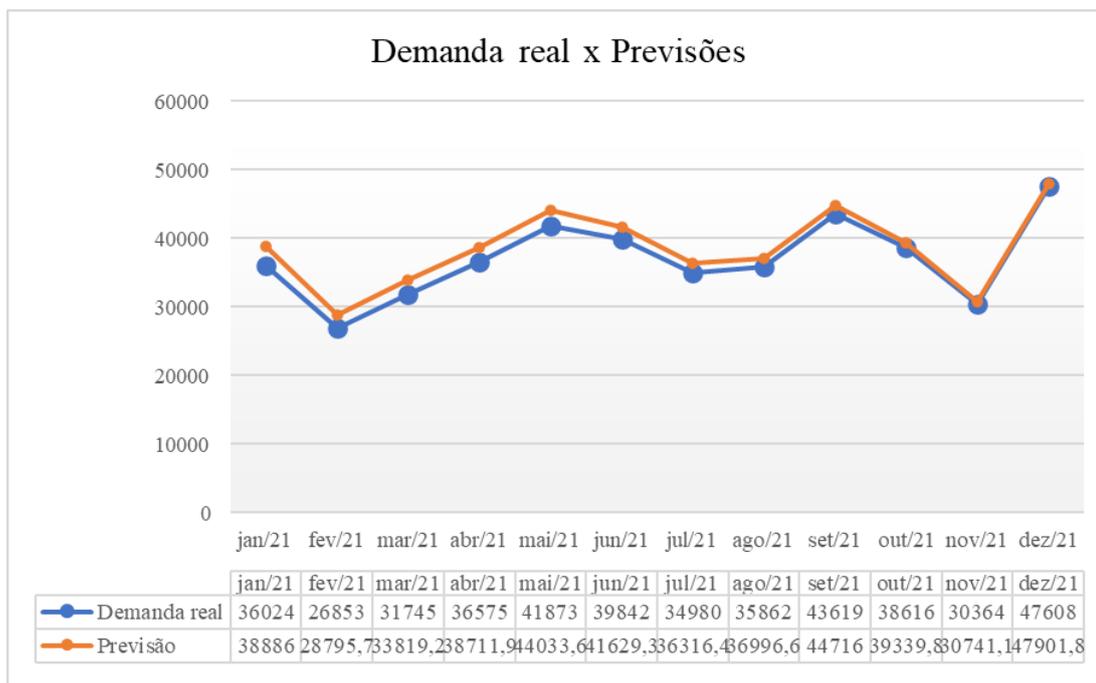
$$F_{13} = 0,99431 \text{ (fator de sazonalidade para janeiro de 2022),}$$

$$F_{14} = 0,91199 \text{ (fator de sazonalidade para fevereiro de 2022 e}$$

$$F_{15} = 1,09041 \text{ (fator de sazonalidade para março de 2022).}$$

Dando sequência ao terceiro passo do método de Winters, foram calculadas as previsões para o ano anterior, segundo a equação (4). Os dados podem ser encontrados na tabela do Anexo 2. Na Figura 6, é demonstrada uma plotagem comparativa entre a demanda real e as previsões. Nota-se que o comportamento das previsões acompanha a linha da demanda real.

Figura 6: Demanda real x Previsões



Fonte: o próprio autor

Para a validação do modelo e controle das previsões, conforme a Figura 6, foi feita uma análise dos erros através dos resultados do Desvio Absoluto Médio (DAM) e Porcentagem Média Absoluta (PMA). Eles comparam a relevância dos dados que se mostraram adequados para o uso do método, conforme a seguir:

$$DAM = -497,956$$

$$PAM = 4\%$$

Por conseguinte, a previsão do próximo trimestre será dada por:

$$P_{13} = 38.313,54 \text{ (previsão da demanda para janeiro de 2022)}$$

$$P_{14} = 35.357,27 \text{ (previsão da demanda para fevereiro de 2022)}$$

$$P_{15} = 42.531,98 \text{ (previsão da demanda para março de 2022)}$$

Concebe-se que a previsão da demanda para o próximo mês (janeiro de 2022) resultante da aplicação via método de Winters é o valor inteiro de 38.314 unidades. Contudo, vislumbra-se que a previsão da demanda pode falhar substancialmente no próximo mês. Tendo em vista prevenir o não atendimento da demanda, que acarreta custos de escassez pelo produto, usou-se o Modelo Estocástico de Período Simples para Produtos Perecíveis, de acordo como foi exposto por Hillier et al. (2013) e considerando todos os pressupostos descritos na seção 3.1 deste projeto. Sendo assim, a média da distribuição exponencial (λ) terá como resultado a previsão de janeiro de 2022 (P_{13}), com valor arredondado devido ao produto ser considerado um número inteiro, de modo que sua função densidade probabilística seja:

$$f(x) = \frac{1}{38.314} e^{-x/38.314}, x \geq 0 \quad (14)$$

e sua função de distribuição cumulativa é

$$F(d) = \int_0^d \frac{1}{38.314} e^{-x/38.314} dx \quad (15)$$

$$F(d) = 1 - e^{-d/38.314} \quad (16)$$

Para o cumprimento do método segundo Hillier et al. (2013), será necessário o custo de escassez por unidade de demanda insatisfeita, o custo unitário para produção de cada unidade, e custo unitário de manutenção de estoque por unidade ao final do período, para o cálculo do nível de atendimento ótimo ($F(S^*)$). Tais informações de custeio já haviam sido calculadas pela indústria e foram fornecidas pela diretoria. Logo,

$$p = \text{R\$ } 1,52, c = \text{R\$ } 0,91 \text{ e } h = - \text{R\$ } 0,58.$$

Dessa forma,

$$F(S^*) = \frac{1,52-0,91}{1,52+(-0,58)} \quad (17)$$

$$F(S^*) = 0,64893617.$$

Diante do exposto, constata-se que d deverá ser o nível de estoque ótimo (S^*). Logo,

$$1 - e^{-S^*/38.314} = 0,64893617. \quad (18)$$

Ao se considerar valor de P_{13} como média da demanda de distribuição exponencial (λ), juntamente com o valor do nível de atendimento, é possível solucionar a equação usando o logaritmo natural (representado por \ln), conforme a:

$$e^{-\frac{S^*}{38.314}} = 0,35106383, \quad (19)$$

$$\ln e^{-\frac{S^*}{38.314}} = \ln 0,35106383, \quad (20)$$

$$\frac{S^*}{38.314} = 1,04678722, \quad (21)$$

$$S^* = 40.106,6056,$$

$$S^* \cong 40.107.$$

Tem-se, portanto, que 40.107 unidades é o valor ótimo para lote de produção de um mês do bolo recordista de vendas da fábrica brasileira. Percebe-se que o lote econômico de produção é ligeiramente maior que o da previsão da demanda, que era 38.314. Tal fenômeno já é esperado, tendo em vista que o lote econômico de produção servirá como indicador que combaterá demandas reprimidas pela falta de produto.

Na realização deste estudo de caso para a indústria de bolos candanga, o qual evoca configurações de um modelo de negócio enxuto e com uma filosofia *Just In Time*, é inegável o caráter gerencial do nível ótimo de estoque ou do lote econômico de produção, como um indicador-chave performance para o planejamento e controle da produção. Ao se encontrar o valor de S^* , permite-se aos gerentes da indústria ter um melhor diagnóstico para decidir sobre a compra de insumos nos *inputs* dos processos transformadores do produto, bem como controlar a comercialização nos *outputs* da cadeia produtiva. Assim como Raz et al. (2006) afirmam que a demanda é incerta, basear o planejamento da produção somente em previsões da demanda pode acarretar custo pela escassez do produto que se encontra indisponível para o consumo. Logo, é notória a importância do cálculo lote econômico de produção (S^*) como parâmetro regulador da operação.

5. Considerações finais, limitações e futuras linhas de pesquisa

A informação para decisão de uma política ótima de quantidades a serem produzidas é crucial no planejamento e controle da produção de quaisquer manufaturas. Apesar disso, é de conhecimento que existem percalços de natureza aleatória na operação, que irá se diferenciar da programação feita. Justamente para auxiliar nestes momentos, o resultado de S^* como um indicador-chave de performance fornece aos gerentes de produção embasamento para alimentar a cadeia de suprimentos. Em adição às funções que o LEP exerce, surge para o entendimento dos diretores a viabilidade de se traçar metas estratégicas factíveis e primordiais para comercialização dos produtos.

Por consequência, necessita-se retomar os objetivos do estudo de caso. Os objetivos gerais e específicos consistem em analisar a previsão da demanda de um produto específico, e a partir disso, identificar o lote econômico de produção. Constata-se que os objetivos foram alcançados plenamente, com 38314 unidades demandas previstas e nível de estoque ótimo (LEP ou S^*) de 40107 unidades.

Cabe a ressalva de que seria relevante obter mais dados qualificados. Contudo, conclui-se que a realização do estudo de caso pode ser atualizada e estendida ao longo do mês presente e meses subsequentes para a indústria, bem como se manifestar como um significativo meio de controle da produção. Existem várias abordagens para melhorar o processo de cálculo de S^* e torná-lo mais fiel, entre elas, o famoso ciclo PDCA, formulado por Deming (1982). É pressentido que o acompanhamento da demanda nos meses futuros irá culminar em previsões da demanda mais sólidas e confiáveis, e conseqüente formulação do nível ótimo de estoque mais fiel. Para facilitar a determinação do LEP de período simples, é plenamente viável a programação dos cálculos em softwares.

Durante a realização do projeto, notou-se escassos estudos sobre lotes econômicos de produção envolvendo produtos perecíveis. No caso específico do bolo não cabe o uso de estoques iniciais. Em futuras linhas de pesquisa podem ser aplicadas circunstâncias em que custos de implantação possuem relevância no cálculo de nível ótimo de estoque. Outro tema relevante seria o estudo de viabilidade da inclusão de estoques de segurança para produtos perecíveis. É pertinente a utilização do modelo estocástico em demandas que tenham um comportamento diferente e necessitem de métodos distintos para a previsão.

Referências

AMORIM, Pedro et al. Managing perishability in production-distribution planning: a discussion and review. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, v. 25, n. 3, p. 389-413, 2011.

AMORIM, Pedro; COSTA, Alysson M.; ALMADA-LOBO, Bernardo. Influence of consumer purchasing behaviour on the production planning of perishable food. **OR spectrum**, v. 36, n. 3, p. 669-692, 2014.

AKKERMAN, Renzo; FARAHANI, Poorya; GRUNOW, Martin. Quality, safety and sustainability in food distribution: a review of quantitative operations management approaches and challenges. **OR spectrum**, v. 32, n. 4, p. 863-904, 2010.

BAKKER, Monique; RIEZEBOS, Jan; TEUNTER, Ruud H. Review of inventory systems with deterioration since 2001. **European Journal of Operational Research**, v. 221, n. 2, p. 275-284, 2012.

CHIU, Singa Wang; WANG, Shan-Ling; CHIU, Yuan-Shyi Peter. Determining the optimal run time for EPQ model with scrap, rework, and stochastic breakdowns. **European Journal of Operational Research**, v. 180, n. 2, p. 664-676, 2007.

DEMING, W.E. Quality, productivity, and competitive position. Cambridge: **MIT Center for Advanced Engineering Study**, 1982.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria; GODINHO FILHO, Moacir. **Planejamento e controle da produção**: dos fundamentos ao essencial. Atlas, 2010. p. 17-46

GARDNER JR, Everette S. Exponential smoothing: The state of the art—Part II. *International journal of forecasting*, v. 22, n. 4, p. 637-666, 2006.

GHARAEI, Abolfazl; HOSEINI SHEKARABI, Seyed Ashkan; KARIMI, Mostafa. Modelling and optimal lot-sizing of the replenishments in constrained, multi-product and bi-objective EPQ models with defective products: Generalised cross decomposition. **International Journal of Systems Science: Operations & Logistics**, v. 7, n. 3, p. 262-274, 2020.

HILLER, F. S; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional** (A. Griese Trad.).- 9. ed. -. AMGH, 2013. p. 794-868.

HSU, Vernon Ning. An economic lot size model for perishable products with age-dependent inventory and backorder costs. **IIE Transactions**, v. 35, n. 8, p. 775-780, 2003.

LÜTKE ENTRUP, Matthias et al. Mixed-Integer Linear Programming approaches to shelf-life-integrated planning and scheduling in yoghurt production. **International journal of production research**, v. 43, n. 23, p. 5071-5100, 2005.

PAL, Sova; MAITI, Manas Kumar; MAITI, Manoranjan. An EPQ model with price discounted promotional demand in an imprecise planning horizon via Genetic Algorithm. **Computers & Industrial Engineering**, v. 57, n. 1, p. 181-187, 2009.

RAZ, Gal; PORTEUS, Evan L. A fractiles perspective to the joint price/quantity newsvendor model. **Management science**, v. 52, n. 11, p. 1764-1777, 2006.

SANA, Shib Sankar. A production–inventory model in an imperfect production process. **European Journal of Operational Research**, v. 200, n. 2, p. 451-464, 2010.

SARKAR, Biswajit; SANA, Shib Sankar; CHAUDHURI, Kripasindhu. Optimal reliability, production lot size and safety stock in an imperfect production system. **International Journal of Mathematics in Operational Research**, v. 2, n. 4, p. 467-490, 2010.

SLACK, Nigel; BRANDON - JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2020. p. 481-523.

WANG, Xiaojun; LI, Dong; O'BRIEN, C. Optimisation of traceability and operations planning: an integrated model for perishable food production. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 11, p. 2865-2886, 2009.

WINTERS, Peter R. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. **Management science**, v. 6, n. 3, p. 324-342, 1960.

ANEXO 1

Tabela 1: Dados históricos de vendas unitárias - 2019

2019	Mês	Vendas unitárias
1	Janeiro	14443
2	Fevereiro	7717
3	Março	8855
4	Abril	12260
5	Mai	12233
6	Junho	5013
7	Julho	7944
8	Agosto	14678
9	Setembro	8282
10	Outubro	12286
11	Novembro	10055
12	Dezembro	15665

Fonte: o próprio autor

Tabela 2: Dados históricos de vendas unitárias - 2020

2020	Mês	Vendas unitárias
1	Janeiro	32101
2	Fevereiro	38481
3	Março	34724
4	Abril	14350
5	Mai	32558
6	Junho	38796
7	Julho	39418
8	Agosto	39368
9	Setembro	42480
10	Outubro	46216
11	Novembro	34633
12	Dezembro	31161

Fonte: o próprio autor

Tabela 3 – Dados históricos de vendas unitárias - 2021

2020	Mês	Vendas unitárias
1	Janeiro	32101
2	Fevereiro	38481
3	Março	34724
4	Abril	14350
5	Mai	32558
6	Junho	38796
7	Julho	39418
8	Agosto	39368
9	Setembro	42480
10	Outubro	46216
11	Novembro	34633
12	Dezembro	31161

Figure 1

ANEXO 2

Tabela 4: Dados da previsão da demanda pelo Método de Winters

	Mês	Vendas DLP	Ft	Previsão	Erro	DAM	PMA	Erro %
1	jan/21	36024	1,009163	38885,99	-2861,99	-497,956	4%	0,079447
2	fev/21	26853	0,747302	28795,74	-1942,74			0,072347
3	mar/21	31745	0,877671	33819,23	-2074,23			0,06534
4	abr/21	36575	1,004644	38711,88	-2136,88			0,058425
5	mai/21	41873	1,142752	44033,56	-2160,56			0,051598
6	jun/21	39842	1,080356	41629,27	-1787,27			0,044859
7	jul/21	34980	0,942478	36316,43	-1336,43			0,038206
8	ago/21	35862	0,960129	36996,55	-1134,55			0,031637
9	set/21	43619	1,160463	44716,02	-1097,02			0,02515
10	out/21	38616	1,020941	39339,85	-723,847			0,018745
11	nov/21	30364	0,797788	30741,09	-377,088			0,012419
12	dez/21	47608	1,24314	47901,8	-293,795			0,006171

Fonte: próprio autor