

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

STEPHANY RENATA DOS SANTOS HENRIQUES

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE PLANEJAMENTO  
AGREGADO E PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE TORREFAÇÃO DE CAFÉ

ITUIUTABA  
2024

STEPHANY RENATA DOS SANTOS HENRIQUES

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE PLANEJAMENTO AGREGADO  
E PLANEJAMENTO MESTRE DE PRODUÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE TORREFAÇÃO DE CAFÉ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção, da Faculdade de Ciências Integradas do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa

ITUIUTABA  
2024

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE PLANEJAMENTO AGREGADO  
E PLANEJAMENTO MESTRE DE PRODUÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE TORREFAÇÃO DE CAFÉ

Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado para a obtenção do título de Engenheiro de Produção, pela Faculdade de Ciências Integradas do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia, pela banca examinadora formada por:

Ituiutaba, 16 de abril de 2024.  
Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa (orientadora) - FACES/ UFU

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Déborah Oliveira Almeida Carvalho - FACES/ UFU

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gabriela Lima Menegaz - FACES/ UFU

Ao meu irmão, Denner Stefan. Embora não esteja fisicamente presente, sei que está olhando e vibrando por mim do céu.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter guiado cada passo desta jornada acadêmica, por ter me sustentado em meio aos desafios, por me conceder força e sabedoria. À Nossa Senhora Aparecida, pela intercessão em todos os momentos.

Ao meu amado noivo, que mesmo distante me incentivou para que eu pudesse finalizar esse ciclo de uma maneira mais leve, e foi uma das minhas motivações. Você tornou cada desafio mais suportável e cada conquista mais significativa.

Agradeço de coração à minha família, especialmente aos meus pais Isana e Francisco, por todo o apoio incondicional, encorajamento e sacrifícios que me fizeram possibilitar chegar até aqui. O amor de vocês foi a âncora que me sustentou durante os períodos mais desafiadores.

Ao meu padrinho Epitácio e minha tia Vilma, por estarem sempre presentes, me dando todo suporte, conforto e apoio, oferecendo não apenas base emocional, mas também conselhos sábios que me guiaram nessa longa jornada.

À gestora da indústria onde foi realizado o presente trabalho, cuja colaboração e apoio foram essenciais para a realização desta pesquisa. Sua disposição em compartilhar conhecimentos e recursos enriqueceu significativamente este projeto.

À minha orientadora, Profa. Dra. Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa, pela dedicação e paciência ao longo deste processo. Sua orientação foi fundamental para moldar este trabalho.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia e a todos os docentes do curso de Engenharia de Produção, pelo ambiente de aprendizado estimulante, pela infraestrutura fornecida ao longo dos anos e pelos diversos conhecimentos adquiridos.

Por fim, agradeço aos amigos que fiz e que levarei para a vida, por todos os momentos incríveis e inesquecíveis compartilhados juntos.

## RESUMO

No panorama global, o Brasil destaca-se como um dos principais consumidores e produtores de café, sendo este um alimento de extrema relevância tanto para os brasileiros, como para a indústria nacional. Neste cenário, para as indústrias de torrefação e comercialização de café se manterem competitivas no mercado, faz-se necessário garantir que sua produção atenda à demanda nos volumes e períodos corretos. Para tanto, destaca-se a importância do planejamento da produção. Assim, o objetivo geral do trabalho é propor um sistema de planejamento agregado e planejamento mestre de produção em uma indústria de torrefação de café, visando atender à demanda e oferecer suporte ao gestor nas tomadas de decisões. Assim, foi realizado um estudo de caso que consistiu nas seguintes etapas: coleta e análise de dados de vendas; escolha da família de produtos; definição do método de previsão de demanda e realização de previsões; desenvolvimento do planejamento agregado e, por fim, elaboração do plano mestre de produção. Os resultados obtidos demonstram que, por meio da aplicação das ferramentas de planejamento agregado e plano mestre de produção na indústria do estudo de caso, pode-se propor um alinhamento entre a demanda e a quantidade a ser produzida, tanto em termos mensais quanto semanais. Consequentemente, o gestor pode se valer destas ferramentas para evitar excesso de produção e estoques, e garantir que os recursos estejam disponíveis para a produção na quantidade adequada e nos momentos apropriados.

**Palavras-chave:** planejamento da produção, planejamento agregado, plano mestre, torrefação de café.

## **ABSTRACT**

In the global scenario, Brazil stands out as one of the main consumers and producers of coffee, which is an extremely relevant food both for Brazilians and for the national industry. In this context, for coffee roasting and trading industries to remain competitive in the market, it is necessary to ensure that their production meets demand in the correct volumes and periods. Therefore, the importance of production planning is highlighted. Thus, the general objective of this study is to propose a system of aggregate planning and master production planning in a coffee roasting industry, aiming to meet demand and provide support to the manager in decision-making. To this end, a case study was conducted, consisting of the following stages: collection and analysis of sales data; selection of product families; definition of the demand forecasting method and forecasting; development of aggregate planning; elaboration of the master production plan. The results obtained demonstrate that, through the application of aggregate planning and master production planning tools in the case study industry, it is possible to propose an alignment between demand and the quantity to be produced, both on a monthly and weekly basis. Consequently, the manager can use these tools to avoid overproduction and stocks and ensure that resources are available for production in the appropriate quantity and at the appropriate times.

**Keywords:** production planning, aggregate planning, master plan, coffee roasting.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Visão geral do planejamento e controle da produção.....	3
Figura 2	Fluxograma do processo produtivo dos produtos.....	8
Figura 3	Demanda real x demanda prevista, para o café torrado e moído.....	11

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Decomposição da série temporal do produto café torrado e moído.....	10
Tabela 2	Planejamento agregado para o café torrado e moído.....	12
Tabela 3	Desagregação semanal da demanda prevista do café torrado e moído....	14
Tabela 4	Plano mestre de produção para o café torrado e moído.....	14

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>2</b>
2.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	2
2.2	PREVISÃO DE DEMANDA .....	5
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>7</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E MAPEAMENTO DA REALIDADE EMPRESARIAL .....	7
4.2	PREVISÃO DE DEMANDA DO PRODUTO CAFÉ TORRADO E MOÍDO .....	9
4.3	PLANEJAMENTO AGREGADO DE PRODUÇÃO .....	11
4.4	PLANEJAMENTO MESTRE DE PRODUÇÃO .....	13
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>15</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>17</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O café, um dos setores mais destacados na economia global e a *commoditie* mais comercializada, possui uma história rica e uma presença significativa em diversas culturas ao redor do mundo (Silva et al., 2021). No entanto, por trás da simplicidade de uma xícara de café há uma complexa cadeia de produção que impulsiona essa indústria, desde condições climáticas e colheita até a entrega do produto final ao cliente em suas várias formas.

A produção de café concentra-se em regiões tropicais, muitas das quais enfrentam desafios relacionados às mudanças de clima, impactando diretamente as indústrias comercializadoras, bem como a oferta e qualidade dos grãos. Nesse cenário dinâmico, a indústria do café está em constante evolução para atender às demandas do mercado, adotando métodos de produção sustentável e incorporando tecnologias modernas na torrefação e moagem.

Associado a esse contexto, a interseção entre a produção e a gestão em indústrias de alimentos é fundamental, pois ambas devem caminhar em conjunto para o bem-estar da organização, impactando no rendimento, produtividade, eficácia operacional e custos. Chopra e Meindl (2019) afirmam que uma gestão eficaz exerce um papel crítico na otimização dos processos produtivos e na satisfação do cliente, sendo especialmente vital em indústrias de café, que enfrentam desafios singulares devido à natureza cíclica e sazonal de sua demanda. Por sua vez, Vollmann et al. (2017) destacam a importância de equilibrar a produção com a demanda para alcançar eficiência operacional. A crescente paixão pelo café, como observado por Slack et al. (2019), resultou em uma demanda consistente e recorrente do produto.

Neste cenário, a gestão eficiente da produção cafeeira requer o envolvimento de técnicas avançadas de planejamento e controle da produção (PCP) (Martins, 2019). O PCP desempenha papel crucial na maximização da eficiência e no atendimento da demanda dos clientes, contribuindo para vários aspectos ao longo do processo produtivo. Martins e Laugeni (2005) destacam que o planejamento e controle da produção deve ser alinhado à estratégia de manufatura, de maneira a auxiliar os processos decisórios em níveis estratégicos, táticos e operacionais, buscando informar o que, quanto, quando produzir ou comprar e quais os recursos necessários.

Para tanto, no nível estratégico é elaborado o planejamento agregado da produção, tomando como *input* a previsão de demanda agregada, a partir da qual se definem os recursos necessários para atendê-la. No nível tático, realiza-se um planejamento desagregado, definindo como utilizar a capacidade produtiva estabelecida anteriormente, resultando assim no plano

mestre de produção (TUBINO, 2009). Para Vollmann et al. (2004), neste momento torna-se essencial determinar o volume e o *mix* de produto, relacionando suprimento e demanda, a fim de estabelecer as quantidades exatas de material necessário.

A curto prazo tem-se as atividades relacionadas ao nível operacional, no qual deve-se executar a programação definida para que os produtos possam ser disponibilizados para os clientes. O sistema de PCP tem a função de acompanhar diariamente o processo produtivo para assegurar que os materiais, a mão de obra e os equipamentos estejam sendo utilizados da forma programada e proporcionar ações de controle caso ocorram mudanças (Vollmann et al., 2004).

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo propor um sistema de planejamento agregado e planejamento mestre de produção em uma indústria de torrefação de café, a fim de atender a demanda e auxiliar o gestor nas tomadas de decisões.

Este estudo justifica-se pela complexidade e desafios do PCP, uma vez que sua correta estruturação nos níveis estratégico, tático e operacional desempenha papel fundamental no aprimoramento do planejamento, permitindo a tomada de decisões mais acertadas que podem refletir nos resultados futuros e na saúde da empresa.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Planejamento e Controle da Produção**

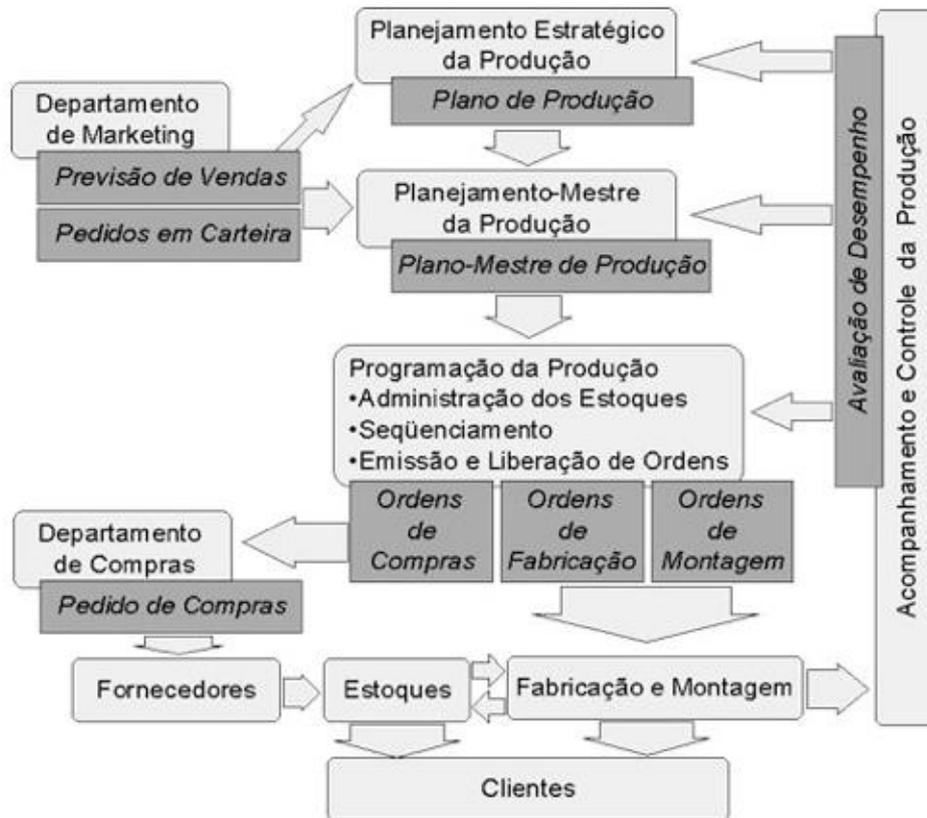
De acordo com Fernandes (1999), diversos conceitos modernos, como as funções gerenciais e os sistemas de produção, vêm sendo objeto de estudo e observação ao longo dos anos. Conforme apontado por Bonney (2000), a função planejamento e controle da produção (PCP) e seus sistemas correlatos têm como propósito o alcance de maneira eficiente dos requisitos de produção necessários, como controle de estoque, demanda, momentos corretos de aquisição de matéria-prima, mão de obra, entre outros.

Erdmann (2000) caracteriza o planejamento e controle da produção como um sistema que dirige e coordena todo o processo produtivo. O seu propósito principal é assegurar a execução eficaz do planejamento e programação dos procedimentos, com o intuito de atender de maneira eficiente às demandas temporais, de qualidade e quantitativas do sistema.

Por sua vez, Martins e Laugeni (2005) definem o PCP como um procedimento de modificação de dados, envolvendo a aquisição de informações relacionadas a família de produtos, dados de vendas, estoques, capacidade, que, por sua vez, são convertidos para demandas de produção. Logo, o maior objetivo desse sistema é facilitar as práticas de

planejamento e padronização de produtos para criar um fluxo de trabalho visando obter melhores resultados. A Figura 1 apresenta uma visão ampla das atividades gerais do PCP e seu fluxo.

Figura 1 – Visão geral do planejamento e controle da produção



Fonte: Tubino (2009)

Da Figura 1, Slack, Chambers e Johnston (2002) destacam que o planejamento estratégico da produção estabelece a direção geral e os objetivos de longo prazo para a produção, alinhando-se com os objetivos organizacionais mais amplos. Ele define as estratégias e políticas que guiarão as decisões de produção, levando em consideração fatores como demanda de mercado, previsão de vendas, capacidade produtiva e recursos disponíveis. A partir do planejamento estratégico tem-se o planejamento agregado da produção, que visa traduzir as metas estratégicas em planos de longo a médio prazo. Nessa etapa, são definidas as quantidades globais de produtos a serem produzidos, considerando-se as capacidades de produção e as restrições de recursos (Chase, Jacobs, Aquilano, 2004).

Ainda, para Slack, Jones e Johnston (2019), no nível estratégico são envolvidas decisões estratégicas relacionadas a capacidade de produção, investimentos em tecnologia, localização

de acomodações e fornecedores, por exemplo, estabelecendo as diretrizes gerais para produção futura, ao longo do tempo.

Por sua vez, o plano mestre de produção (PMP) detalha os planos de produção de curto prazo, especificando as quantidades exatas de cada produto a serem produzidas em cada período, levando em consideração fatores como previsões de demanda, estoques existentes e capacidade de produção disponível. Heizer e Render (2016) apontam ser o PMP uma concentração em traduzir os planos estratégicos em ações mais específicas, incluindo o *mix* de produtos, alocação de recursos e programação de produção em um horizonte de tempo intermediário. Para Slack, Chambers e Johnston (2013), o PMP é a peça-chave para junção da produção com as necessidades do mercado, agindo como uma ligação entre o planejamento estratégico e a execução operacional.

Após realizado o planejamento detalhado de materiais e capacidade, o planejamento de produção segue para o curto prazo, gerando a programação detalhada de produção. Este módulo tem a função de coordenar a liberação das ordens e coletar dados, informações do processamento, efetuar comparações entre o plano e o que está sendo produzido e, caso necessário, tomar ações corretivas para melhor alinhar as operações ao planejamento (Corrêa; Giansi; Caon, 2012). Ainda, é realizado o acompanhamento diário ou semanal da produção, incluindo o controle efetivo do chão de fábrica, os operadores, estoques, ajudando a produção conforme o necessário, lidando com imprevistos, garantindo que os prazos sejam atendidos e cheguem aos clientes no prazo e otimizando o uso de recursos (Chase, Jacobs, Aquilano, 2017).

Cabe destacar que a interação entre o PCP e os demais setores organizacionais é um ponto central na gestão eficiente dos processos produtivos. Vollmann et al. (2005) ressaltam a necessidade de uma colaboração sinérgica entre o PCP, processos, comercial, projeto de produtos, marketing e qualidade. Ainda segundo os autores, a troca constante de informações entre os departamentos de uma organização é importante para assegurar que as estratégias e planejamentos delineados pelo sistema sejam executados de maneira integrada e alinhada aos objetivos gerais da empresa.

Essa abordagem como um todo permite uma visão mais abrangente das operações, garantindo não apenas eficiência nos processos de produção, mas também alinhamento estratégico com as demandas do mercado e as metas da empresa. Dessa forma, a interconexão entre PCP e demais áreas organizacionais é percebida não apenas como uma prática recomendada, mas como uma necessidade vital para o sucesso operacional e estratégico alinhados.

Stevenson (2018) ressalta que a precisão das previsões de demanda possui influência direta na eficácia do planejamento agregado e plano mestre de produção, uma vez que erros podem resultar em excesso ou falta de estoque, por exemplo, afetando os custos e a satisfação do cliente. A seguir, são apresentados os conceitos fundamentais sobre previsão de demanda.

## 2.2 Previsão de demanda

De acordo com Stevenson (2018), as informações sobre demanda são imprescindíveis para o PCP, e estas exercem influência em diferentes horizontes de tempo do planejamento. No longo prazo, a previsão de demanda é a entrada fundamental para realizar o planejamento de novos produtos, instalações, planejamento de vendas e operações, entre outros processos decisivos. Em relação ao médio prazo, destaca-se a utilização da previsão de demanda para elaboração do plano mestre de produção e verificação de capacidade produtiva. No curto prazo, dados de previsão de demanda são essenciais para elaboração dos programas de compra e produção, alocação de recursos, entre outros.

Corrêa, Gianesi e Caon (2012) definem a previsão de demanda como o processo de coletar e tratar dados de vendas passadas (série temporal) para posterior análise do comportamento da demanda, visando preparar estimativas futuras de venda. A série temporal pode apresentar os seguintes comportamentos: i) média – quando os dados da série oscilam entre um valor médio constante; ii) sazonalidade – ocorre quando existem padrões cíclicos de variação em intervalos constantes de tempo, seja no período de dia, semana, mês ou estação; iii) tendência – existe quando a série, de uma maneira geral, apresenta uma tendência, ascendente ou descendente, quando analisado um longo período.

Uma vez analisado o comportamento da série histórica, deve-se escolher o método de previsão mais adequado e, após gerar a previsão de demanda, analisar os resultados e verificar a adequação do método, com base na análise dos erros. O erro de previsão pode ser calculado de diversas formas, sendo que o indicador básico desta medida é comparar o valor previsto com a demanda real, como mostrado na Equação 1, em que  $E_t$  representa o erro de previsão no período  $t$ ,  $D_t$  é a demanda atual no período  $t$ , e  $F_t$  é a previsão para o período  $t$ .

$$E_t = D_t - F_t \quad (1)$$

Os métodos de previsão de demanda podem ser classificados em quantitativos e qualitativos. Para Tubino (2009), os métodos qualitativos são conhecidos como métodos

subjetivos, pois se baseiam na intuição de algum especialista da área; portanto, os modelos são mais tendenciosos e imprevisíveis. São utilizados, principalmente, quando não existem dados históricos disponíveis ou quando estes são insuficientes. Dentre os métodos qualitativos pode-se citar: método Delphi, analogia histórica, pesquisa de mercado, pesquisa de equipe de vendas, pesquisa de cliente.

Por sua vez, os métodos quantitativos se baseiam em séries temporais, consistindo na utilização de conceitos matemáticos e estatísticos. Lustosa et al. (2008) destacam que os modelos quantitativos possuem maior aplicabilidade, porém, muitas vezes, podem ser utilizados como ferramenta de apoio às previsões subjetivas. Quando a série temporal dos dados obtidos não apresenta um movimento de tendência significativo, isto é, constitui uma série estacionária, os métodos de média móvel e suavização exponencial simples podem ser aplicados. Se apresenta movimentos significativos de tendência e/ou sazonalidade, ou seja, é não estacionária, podem ser utilizados métodos como de *Holt-Winters* ou decomposição de série temporal.

### 3 METODOLOGIA

A natureza da pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois, busca resolver problemas reais por meio da implementação de soluções práticas, trabalhando em colaboração com partes interessadas e focando em resultados tangíveis para melhorar processos e práticas existentes. Stake (2005) afirma a importância e sua capacidade de gerar impacto tangível, promover mudanças significativas e fornecer informações valiosas que podem ser implementadas para melhorar processos, práticas existentes, entre outros.

Conforme destacado por Creswell (2014), a pesquisa descritiva é caracterizada por seu objetivo de descrever fenômenos e características sem buscar necessariamente uma explicação causal. A presente pesquisa adota uma abordagem descritiva com o intuito de fornecer uma análise detalhada sobre o assunto em questão.

Tashakkori e Teddlie (2010) afirmam que a abordagem quali-quantitativa é empregada para combinar elementos qualitativos e quantitativos na análise dos dados, dando valor e enriquecendo a compreensão do fenômeno em estudo. Nesta pesquisa, a análise quantitativa será empregada para examinar os dados e resultados do planejamento agregado e plano mestre de produção, enquanto a análise qualitativa envolverá entrevistas e reuniões com os funcionários industriais para explorar informações e experiências.

O procedimento técnico adotado foi o estudo de caso, conforme sugerido por Yin (2014), que permite uma análise detalhada de um caso específico em seu contexto natural. Esta abordagem possibilitará uma compreensão mais abrangente e holística do fenômeno investigado, contribuindo para a identificação de problemas e a proposição de soluções práticas.

No que tange às técnicas de coleta de dados, foi realizada análise documental, bem como entrevistas informais com gestores e colaboradores do setor de planejamento e produção da indústria, com o objetivo de entender melhor os problemas da empresa, obter informações detalhadas, e quais recursos e dados disponíveis para o estudo. Os dados coletados referem-se ao período de janeiro a dezembro dos anos de 2022 e 2023.

Os dados foram analisados por meio de análise qualitativa e de conteúdo, focando na interpretação e compreensão dos dados qualitativos, como aqueles obtidos por meio das entrevistas, observações, bibliografia, imagens, documentos, entre outros.

Outra técnica de análise dos dados foi referente à análise quantitativa da série temporal da demanda do produto estudado. Para tanto, utilizou-se as funcionalidades dos softwares Microsoft Excel® e Minitab®.

A realização do presente trabalho consistiu nas seguintes etapas: i) definição do problema de pesquisa; ii) coleta de dados; iii) análise dos dados de vendas; iv) escolha da família de produtos; v) definição do método de previsão de demanda e realização de previsões; vi) elaboração do planejamento agregado para a família de produtos; vii) elaboração do plano mestre de produção.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Caracterização da empresa e mapeamento da realidade empresarial**

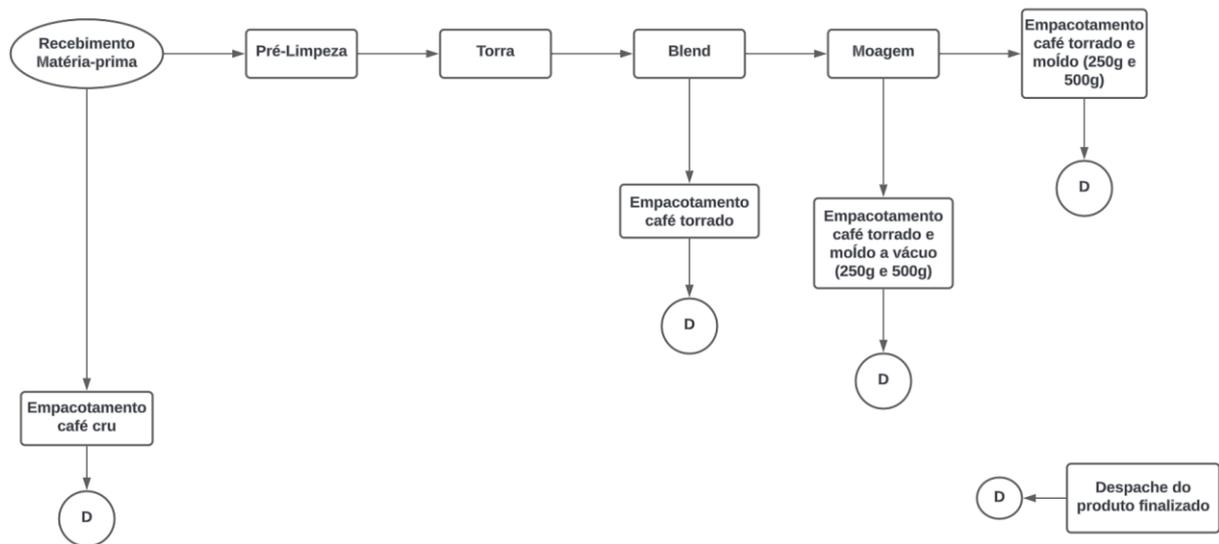
O estudo de caso foi realizado em uma indústria de torrefação de café, localizada em Minas Gerais. A empresa iniciou suas atividades no ano 1978, com foco na torrefação, moagem e comercialização de café de aroma e sabor marcante e regional. A organização é qualificada como de médio porte, com faturamento em constante evolução ao longo dos últimos anos. Está presente em mais de 90 cidades, com destaque principalmente nas regiões do sudoeste goiano e Triângulo mineiro.

A indústria possui características de gestão familiar, com a missão de entregar sempre um trabalho feito com muita dedicação e qualidade aos seus clientes, e nos últimos anos tem

investido em melhoria contínua e monitoramento dos setores, sempre buscando otimizar custos e com foco em entrega de resultados.

Dentre os produtos que a indústria processa estão o café torrado e moído (tradicional e a vácuo), café torrado e café cru. Dentro do seu *mix* ainda se encontram outras opções como café expresso, cappuccino tradicional e cappuccino diet. Destes, o carro-chefe é o café torrado e moído. A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo produtivo das variações do café.

Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo dos produtos



Fonte: Autora (2024)

Da Figura 2, a matéria-prima é o café cru que chega na indústria em sacas com aproximadamente 60 kg, e são destinadas ao galpão de armazenamento, no qual são empilhadas separadamente de acordo com seu lote. Em seguida, no processo de pré-limpeza, é realizada a retirada de impurezas da matéria-prima como resquícios de madeira, casca e pedra, por meio de uma peneira vibratória. Posteriormente, o café limpo é pesado e destinado ao setor de torra.

Uma torra dura em torno de 18 minutos, torrando aproximadamente 460 kg de café cru. Diariamente, são realizadas em torno de 26 torras, somando aproximadamente 9850 kg de café torrado. O café torrado é direcionado ao setor de *blend*, que consiste na mistura de diferentes variedades e espécies de café torrado, com o objetivo de obter diferentes sabores para atender às diferentes marcas do produto.

Depois de misturado, o café pode ser destinado para o silo de café torrado que será moído, ou para o silo de café torrado que será empacotado em grão. O café que será empacotado na forma de grão torrado fica no silo até ser empacotado e despachado. Já o café que será moído é enviado para o setor de moagem, onde é moído e destinado para um dos silos de pó. Quando

requerido, o café moído é direcionado ao setor de empacotamento, no qual é embalado em pacotes de 250 g ou de 500 g. Da moagem, o café a vácuo é produzido manualmente e separado em lotes para despache. Ao final, todos os pacotes são enviados para o despache.

Nas visitas *in loco*, por meio das entrevistas com o gestor de produção, verificou-se que o setor de planejamento e controle de produção da empresa não aplicava os conceitos de planejamento hierárquico da produção nos diferentes horizontes de tempo. Deste modo, o planejamento era apenas no curto prazo (semanal), o que acarretava altos custos com hora extra dos funcionários nas semanas de pico, enquanto nas demais havia ociosidade. Assim, foi proposta a aplicação dos módulos do PCP referentes ao planejamento agregado (longo a médio prazo) e ao plano mestre de produção (curto prazo). O planejamento de longo a médio prazo proporciona ao gestor um instrumento que o auxilia na tomada de decisões estratégicas, enquanto o de curto prazo possibilita a coordenação dos suprimentos e demanda, período a período. No estudo foram realizados o planejamento agregado e o plano mestre de produção para o produto café torrado e moído tradicional. Para tanto, primeiramente fez-se necessária realizar a previsão de demanda deste produto. Os resultados são apresentados na seção a seguir.

#### **4.2 Previsão de demanda do produto café torrado e moído**

Para a realização da previsão de demanda considerou-se os dados históricos do período de janeiro a dezembro dos anos de 2022 e 2023. A análise do comportamento dos dados foi feita no *software* Minitab®, e para a previsão de demanda foi aplicado o modelo da decomposição de série temporal, modelo multiplicativo, para o ciclo sazonal igual a 12 meses.

Primeiramente, aplicou-se a média móvel centrada para se obter os índices sazonais de cada período deste ciclo, apresentados na Tabela 1 na coluna “Índice Sazonal”, sendo o primeiro índice de cada período (1 e 13) referente ao mês de janeiro, e assim sucessivamente, até o índice referente ao mês de dezembro (12 e 24).

Uma vez definidos os índices sazonais, a próxima etapa do modelo consistiu em fazer a decomposição da série temporal, que se baseia em remover desta série os componentes de sazonalidade e de tendência, a fim de identificar quais destes estão atuando na série temporal e, posteriormente, calcular o valor previsto e o erro (resíduo). A Tabela 1 apresenta o resultado da decomposição da série temporal do café torrado e moído.

Tabela 1 – Decomposição da série temporal do produto café torrado e moído

Período	Demanda	Índice Sazonal	Dessazonalização	Tendência	Sem Tendência	Previsão	Erro
1	89428	0,8479	105468,71	107049,22	0,84	90768,13	-1340,13
2	94880	0,9664	98173,81	106374,44	0,89	102805,49	-7925,49
3	99326	1,0434	95198,55	105699,66	0,94	110282,40	-10956,40
4	104524	0,8557	122153,78	105024,88	1,00	89867,22	14656,78
5	100821	1,0238	98478,61	104350,10	0,97	106832,14	-6011,14
6	111292	1,1532	96508,32	103675,32	1,07	119556,88	-8264,88
7	90314	0,8781	102848,24	103000,54	0,88	90447,74	-133,74
8	111101	1,0796	102913,61	102325,76	1,09	110466,38	634,62
9	104243	1,0085	103365,62	101650,98	1,03	102513,80	1729,20
10	100573	0,9777	102871,81	100976,20	1,00	98719,75	1853,25
11	114528	1,1218	102097,53	100301,42	1,14	112513,21	2014,79
12	106542	1,0436	102093,67	99626,64	1,07	103967,48	2574,52
13	86884	0,8479	102468,40	98951,86	0,88	83902,29	2981,71
14	98983	0,9664	102419,25	98277,08	1,01	94979,80	4003,20
15	106002	1,0434	101597,13	97602,30	1,09	101833,97	4168,03
16	86072	0,8557	100589,53	96927,52	0,89	82938,51	3133,49
17	100809	1,0238	98466,89	96252,74	1,05	98542,18	2266,82
18	111212	1,1532	96438,95	95577,96	1,16	110219,12	992,88
19	99330	0,8781	113115,53	94903,18	1,05	83337,22	15992,78
20	100913	1,0796	93476,40	94228,40	1,07	101724,83	-811,83
21	94826	1,0085	94027,88	93553,62	1,01	94347,71	478,29
22	85962	0,9777	87926,84	92878,84	0,93	90803,34	-4841,34
23	78521	1,1218	69998,60	92204,06	0,85	103429,99	-24908,99
24	94189	1,0436	90256,43	91529,28	1,03	95517,31	-1328,31

Fonte: Autora (2024)

Da Tabela 1, para remover o componente sazonal dos dados para cada período, dividiu-se a demanda com o seu respectivo índice sazonal, obtendo-se os dados dessazonalizados. A partir dos valores obtidos (coluna “Dessazonalização”), aplicou-se o método dos mínimos quadrados para determinar a equação de tendência ajustada, apresentada na Equação 2. O componente de tendência ( $Y_t$ ) para um período de tempo ( $t$ ) específico foi calculado inserindo os valores de tempo para cada observação no conjunto de dados na equação de tendência ajustada.

$$Y_t = -674,78 \cdot t + 107.724 \quad (2)$$

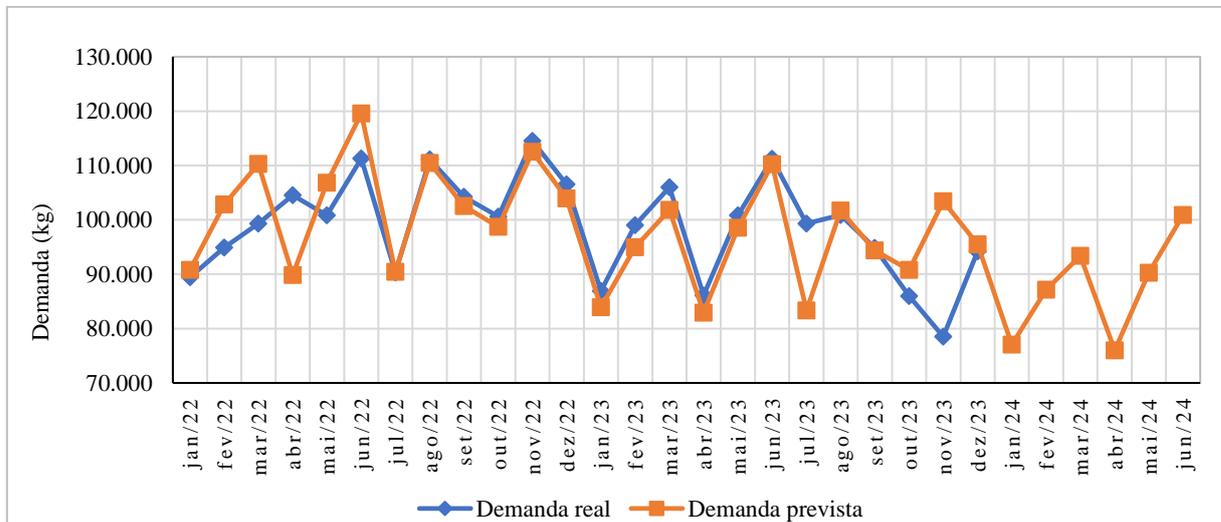
A partir da aplicação da Equação 2, obteve-se o componente de tendência da série temporal (coluna “Tendência”), que por sua vez também foi removido da série. Para tanto,

dividiu-se a demanda de cada período por sua respectiva tendência, obtendo-se os valores apresentados na coluna “Sem Tendência”.

Por fim, uma vez removidos da série temporal os componentes de sazonalidade e de tendência, o próximo passo consistiu em fazer a previsão, multiplicando-se para cada período seus respectivos valores do índice de sazonalidade e de tendência (coluna “Previsão”). O erro de previsão (coluna “Erro”) é dado como a diferença entre a demanda real e a demanda prevista.

A Figura 3 mostra o gráfico do comportamento da demanda real e da demanda prevista, no período analisado.

Figura 3 – Demanda real x demanda prevista, para o café torrado e moído



Fonte: Autora (2024)

A partir da Figura 3, pode-se observar que a demanda prevista acompanha de perto a demanda real, para a maior parte dos períodos, sendo o valor do erro percentual absoluto médio (MAPE) igual a 5,46 %. Ou seja, o modelo é aderente aos dados. Ainda, a Tabela 2 apresenta os valores de demanda prevista para os meses de janeiro a junho de 2024, sendo estes valores os dados de entrada para o planejamento agregado, apresentado a seguir.

### 4.3 Planejamento Agregado de Produção

O planejamento agregado da torrefação do café foi realizado para o primeiro semestre (janeiro a junho) do ano de 2024, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Planejamento agregado para o café torrado e moído

	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
1 Dias úteis	22	20	20	22	21	20
2 Capacidade produtiva diária (kg)	35.520	35.520	35.520	35.520	35.520	35.520
3 Capacidade produtiva mensal (kg)	781.440	710.400	710.400	781.440	745.920	710.400
4 Previsão de demanda (kg)	77.037	87.154	93.386	76.010	90.252	100.881
<b>PRODUÇÃO</b>						
5 Turno normal (kg)	77.037	87.154	93.386	76.010	90.252	100.881
6 Hora extra (kg)	0	0	0	0	0	0
7 Produção total (kg)	77.037	87.154	93.386	76.010	90.252	100.881
8 Capacidade utilizada (%)	10%	12%	13%	10%	12%	14%
<b>MATÉRIA-PRIMA</b>						
9 Grão cru (kg)	90.904	102.842	110.195	89.692	106.497	119.040
10 Custo (R\$)	R\$ 1.363.554,90	R\$ 1.542.625,80	R\$ 1.652.932,20	R\$ 1.345.377,00	R\$ 1.597.460,40	R\$ 1.785.593,70
<b>MÃO DE OBRA</b>						
11 Número de funcionários	3	3	3	3	3	3
12 Salário mensal (R\$)	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00
13 Turno normal (R\$)	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00
14 Hora extra (R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15 Total (R\$)	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00

Fonte: Autora (2024)

Da Tabela 2, para o cálculo da capacidade produtiva mensal, inicialmente fez-se a contagem dos dias úteis dos meses de janeiro a junho de 2024. Por sua vez, com base nas informações fornecidas pelo coordenador de manutenção da indústria, tem-se que a capacidade produtiva diária é de 35520 kg, referente a 24 horas de funcionamento do torrador, após esse período é necessário realizar parada para lubrificação. Logo, a capacidade produtiva mensal foi calculada multiplicando-se o número de dias úteis pela capacidade produtiva diária. Além disso, as previsões de demanda mensal para o período estudado foram registradas na linha 4. Se essa demanda for compatível com a capacidade de produção em um turno normal, não será necessário realizar horas extras, uma vez que o torrador é capaz de atender à demanda planejada. O total de produção, considerando a possibilidade de horas extras, foi registrado na linha 7. A linha 8 apresenta a porcentagem de utilização da capacidade mensal, obtida pela divisão da capacidade mensal pela produção em turno normal.

A Tabela 2 apresenta ainda o custo de aquisição da matéria-prima. No que tange à aquisição do café cru, este é adquirido por meio de contratos fechados antecipadamente. Por esse motivo, a empresa não enfrenta preocupações com a falta de insumos, independente de sazonalidade ou interferências externas. A linha 9 apresenta a quantidade de café cru necessária para suprir a demanda, e a linha 10, o custo total para atender à demanda, considerando-se o preço estimado de R\$ 15,00 por cada kg. É importante destacar que durante o processo de torrefação o café perde cerca de 18 % de umidade.

No planejamento agregado, as informações sobre mão de obra são apresentadas nas linhas 11 a 15. O custo mensal com os três funcionários é apresentado na linha 17. Não houve necessidade de preencher a linha 14 (hora extra) no planejamento atual, no entanto, caso surja a demanda, o gestor terá a flexibilidade de incluir esses dados na planilha conforme necessário.

Destaca-se que estas informações são necessárias para estimar adequadamente os custos associados à mão de obra e, assim, garantir a viabilidade financeira do plano. Ainda, o planejamento agregado envolve a determinação da quantidade de recursos humanos necessários para atender à demanda prevista. Isso inclui a identificação de picos e vales na demanda de mão de obra ao longo do tempo e a alocação eficiente de recursos humanos para atender a essas variações de demanda. Por conseguinte, ao considerar a mão de obra durante o planejamento agregado, a empresa pode garantir que terá recursos humanos adequados para atender à demanda planejada, evitando subutilização ou sobrecarga de funcionários. Assim, poderá ajustar sua força de trabalho de acordo com as necessidades do cliente, garantindo um nível consistente de serviço ao longo do tempo.

Pelo planejamento agregado, pode-se observar que para a demanda prevista, a capacidade máxima efetiva do torrador permite suportar com folga a demanda planejada sem a necessidade da contratação de mais funcionários, horas extras ou turnos extras.

Uma vez realizado o planejamento agregado, a próxima etapa consistiu em realizar o programa mestre de produção, apresentado na seção a seguir.

#### **4.4 Planejamento Mestre de Produção**

Uma vez que o plano mestre de produção considera o planejamento a curto prazo, semana a semana, foi necessário determinar a demanda desagregada do produto café torrado e moído. Para tanto, a partir da demanda agregada mensal, foi realizada a desagregação para o período semanal, considerando-se diferentes pesos para cada semana do mês, conforme apresentado na Tabela 3. Os pesos foram atribuídos considerando o comportamento das vendas, sendo que para as semanas 1 e 4 foram atribuídos os pesos 0,4 e 0,3, respectivamente. Isto porque nestas semanas (início e final de cada mês) são realizados a maior parte dos pedidos para abastecimento dos supermercados, mercearias, atacadistas e das empresas que fornecem cestas básicas. Por sua vez, para as semanas 2 e 3 foram atribuídos pesos iguais a 0,2 e 0,1, respectivamente.

Tabela 3 – Desagregação semanal da demanda prevista do café torrado e moído

MÊS	DEMANDA				
	TOTAL	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Janeiro	77.037	30.815	15.407	7.704	23.111
Fevereiro	87.154	34.862	17.431	8.715	26.146
Março	93.386	37.354	18.677	9.339	28.016
Abril	76.010	30.404	15.202	7.601	22.803
Maior	90.252	36.101	18.050	9.025	27.076
Junho	100.881	40.353	20.176	10.088	30.264

Fonte: Autora (2024)

Uma vez realizada a desagregação da demanda, foi feito o plano mestre de produção para as semanas de janeiro a junho de 2024. Para tanto, a política utilizada foi de acompanhamento de demanda. Assim, a produção é ajustada para se alinhar à demanda prevista, o que implica variar a quantidade produzida em diferentes períodos para evitar excessos de estoque e situações de falta de produto. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Plano mestre de produção para o café torrado e moído

MÊS	JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO			
1 Período (semana)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
2 Demanda prevista (kg)	30.815	15.407	7.704	23.111	34.862	17.431	8.715	26.146	37.354	18.677	9.339	28.016
3 Demanda confirmada (kg)	6.000	3.200	1.250									
4 Estoque projetado (kg)	185	278	74	463	101	170	455	309	455	278	439	423
5 Necessidade líquida	29.315	15.222	7.426	23.037	34.399	17.330	8.545	25.691	37.045	18.222	9.061	27.577
6 PMP (kg)	29.500	15.500	7.500	23.500	34.500	17.500	9.000	26.000	37.500	18.500	9.500	28.000

MÊS	ABRIL				MAIO				JUNHO			
1 Período (semana)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
2 Demanda prevista (kg)	30.404	15.202	7.601	22.803	36.101	18.050	9.025	27.076	40.353	20.176	10.088	30.264
3 Demanda confirmada (kg)												
4 Estoque projetado (kg)	19	317	216	413	312	262	237	161	308	132	44	280
5 Necessidade líquida	29.981	15.183	7.284	22.587	35.688	17.738	8.763	26.839	40.192	19.868	9.956	30.220
6 PMP (kg)	30.000	15.500	7.500	23.000	36.000	18.000	9.000	27.000	40.500	20.000	10.000	30.500

Fonte: Autora (2024)

No PMP apresentado na Tabela 4, considerou-se a primeira semana de janeiro de 2024 com estoque de 1.500 kg de café tradicional, pois a indústria não opera com grandes estoques. A linha 2 apresenta as demandas semanais previstas (Tabela 3). Na linha 3 são apresentadas as demandas confirmadas até o momento de elaboração do PMP; como um dos problemas que a empresa possui é em relação aos pedidos que não são fixos, havia poucas demandas confirmadas com antecedência em relação ao total previsto.

Antes de preencher a linha 4 (estoque projetado), são preenchidas as linhas 5 e 6; a necessidade líquida (linha 5), é calculada como sendo a subtração da demanda prevista (linha 2) pelo estoque inicial. A restrição dos lotes de café é de 500 kg. Logo, são produzidos apenas lotes múltiplos de 500 kg, conforme apresentado na linha 6.

Por fim, o estoque projetado (linha 4) é calculado como sendo a quantidade produzida no PMP (linha 6), menos o valor da demanda prevista (linha 2). Este estoque é essencial para o planejamento mestre de produção, pois sua visualização na etapa de planejamento de curto prazo proporciona flexibilidade operacional, protege contra incertezas e ajuda a atender à demanda do mercado de forma eficiente, sem que haja desperdícios.

É importante destacar que a elaboração do PMP fornece ao gestor uma visão abrangente do planejamento produtivo de todas as semanas ao longo dos meses analisados. Isso permite a programação das vendas, o aprimoramento do controle de estoques, a melhoria na precisão da entrega de embalagens, matéria-prima necessária e, principalmente, a capacidade de atender à demanda de forma que não ocorram faltas nem excessos de produto para fornecimento. Essa abordagem estratégica num contexto geral possibilita uma gestão mais eficaz dos recursos da empresa, garantindo que a produção esteja alinhada com as necessidades do mercado, minimizando desperdícios e maximizando a satisfação do cliente.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pela aplicação das ferramentas planejamento agregado e plano mestre de produção na indústria do estudo de caso, pode-se propor um alinhamento entre a demanda e a quantidade a ser produzida, tanto para o período mensal, quanto semanal. Assim, o gestor pode se valer destas ferramentas para evitar excesso de produção e estoques, e garantir que os recursos estejam disponíveis para a produção na quantidade adequada e nos momentos apropriados como idealizado no início do estudo. Isso ajuda a evitar desperdícios e a reduzir os custos de produção.

Ao dimensionar corretamente a demanda desagregada semanal, destaca-se que não será necessário realizar horas extras nas semanas de maior pico de vendas, o que é vantajoso para a empresa, uma vez que reduzirá os custos e atenderá aos clientes dentro do prazo estabelecido.

Esta pesquisa contribui com a área acadêmica, uma vez que aumenta as discussões acerca do planejamento e controle da produção. No âmbito empresarial, permite que os gestores tenham maior confiabilidade na tomada de decisões e entendimento das implicações do planejamento de produção, possibilitando realizar alterações no plano de maneira a atender os objetivos da organização.

Sugere-se como pesquisa futura a aplicação do sistema de planejamento agregado e plano mestre de produção para todas as famílias de produtos da empresa. Ainda, recomenda-se a aplicação de ferramentas de gestão de estoque no controle de produto acabado e da matéria-prima, uma vez que o controle de estoque é imprescindível para o sucesso das ações de planejamento e controle da produção.

Portanto, ao seguir estas recomendações, a empresa estará posicionada de maneira sólida para enfrentar os desafios do mercado atual e futuro, impulsionando sua competitividade e assegurando um crescimento sustentável a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

- Bonney, M. Reflections on production planning and control (PPC). *Revista Gestão*.
- Chase, R. B.; Jacobs, F. R.; Aquilano, N. J. *Administração da produção para a vantagem competitiva*. São Paulo: McGraw-Hill, 2004.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2017) *Administração da Produção e Operações*. 9.ed. McGraw-Hill.
- Chopra, S.; MEINDL, P. *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*. 6. ed. Pearson, 2019.
- Corrêa, H. L.; Gianesi, I. G. N.; Caon, M. *Planejamento, programação e controle da produção*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Erdmann, A. C. A. M. *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática*. São Paulo: Atlas, 2000.
- Fernandes, F. C. F. *A Pesquisa em gestão da produção: evolução e tendências*. Rio de Janeiro: ENEGEP [CD-ROM], 1999.
- Heizer, J., Render, B. *Princípios de Administração de Operações*. 10.ed. Pearson, 2016.
- Lustosa, L.; Mesquita, M. A.; Quelhas, O.; Oliveira, R. *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.
- Martins, A. P. *Gestão da Cadeia de Suprimentos na Indústria Cafeeira: Estratégias para Otimização do PCP*. 2019.
- Martins, P. G.; Laugeni, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- Silva, R. C. et al. *Desafios e Perspectivas na Produção Sustentável de Café: Um Estudo de Caso na América Latina*. 2021.
- Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R. *Administração da produção*. Atlas, 2002.
- Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R.; Betts, A. *Gerenciamento de Operações e de Processos - 2ª edição: Princípios e práticas de impacto estratégico*. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.
- Slack, N.; Brandon-Jones, A.; Johnston, R. *Administração da produção*. 9. ed. Atlas, 2019.
- Stake, R. E. *Qualitative Research: Studying How Things Work*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2005.
- Stevenson, W. J. *Operations Management*. 13ª ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018.

Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). Sage handbook of mixed methods in social & behavioral research. Sage.

Tubino, D. F. (2009). Planejamento e controle da produção: teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Atlas.

Vollmann, T. E.; Berry, W. L.; Whybark, D. C.; Jacobs, F. R. Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management: The Definitive Guide for Professionals. 5<sup>a</sup> ed. Nova York: McGraw Hill Professional, 2004.

Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2017). Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. McGraw-Hill Education.

Yin, R. K. (2014). Case study research: Design and methods. Sage publications.