OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE BOLACHAS ARTESANAIS POR MEIO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR: UM ESTUDO DE CASO COM O EXCEL SOLVER

OPTIMIZATION OF PRODUCTION PLANNING IN AN ARTISANAL BISCUIT INDUSTRY THROUGH LINEAR PROGRAMMING: A CASE STUDY USING EXCEL SOLVER

MARIA FERNANDA ALVES DA SILVA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

JÉSSICA MARIA DAMIÃO DE ARRUDA CÂMARA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE-IFRN

ADELIANE MARQUES SOARES
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE-IFRN

ARTHUR ARCELINO DE BRITO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE-IFRN

Comunicação:
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE BOLACHAS ARTESANAIS POR MEIO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR: UM ESTUDO DE CASO COM O EXCEL SOLVER

Objetivo do estudo
O estudo teve como objetivo otimizar o planejamento da produção de uma indústria de bolachas artesanais por meio da aplicação da Programação Linear, visando maximizar a receita e apoiar a tomada de decisão no processo produtivo.

Relevância/originalidade
A pesquisa demonstra a aplicação da Programação Linear em uma pequena indústria alimentícia, evidenciando seu potencial para apoiar decisões produtivas, identificar restrições operacionais e contribuir para a melhoria do desempenho organizacional.

Metodologia/abordagem
Trata-se de uma pesquisa aplicada, exploratória, com abordagem quantitativa e estudo de caso. O modelo matemático foi desenvolvido com dados reais da empresa e implementado no Solver do Microsoft Excel.

Principais resultados
Os resultados determinaram a combinação ótima de produção para maximizar a receita, identificaram os recursos limitantes do processo produtivo e demonstraram a utilidade da análise de sensibilidade na avaliação das restrições.

Contribuições teóricas/metodológicas
O estudo reforça a aplicabilidade da Programação Linear como ferramenta de Pesquisa Operacional, oferecendo um modelo de otimização que pode ser adaptado para pequenas indústrias com características produtivas semelhantes.

Contribuições sociais/para a gestão
A pesquisa contribui para o aprimoramento do planejamento da produção, favorecendo decisões mais eficientes, melhor utilização dos recursos disponíveis e maior competitividade de pequenas indústrias alimentícias.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional, Programação Linear, Planejamento da produção, Excel Solver, Indústria alimentícia

OPTIMIZATION OF PRODUCTION PLANNING IN AN ARTISANAL BISCUIT INDUSTRY THROUGH LINEAR PROGRAMMING: A CASE STUDY USING EXCEL SOLVER

Study purpose
This study aimed to optimize production planning in an artisanal biscuit industry through Linear Programming, seeking to maximize revenue and support decision-making in the production process.

Relevance / originality
The study demonstrates the application of Linear Programming in a small food industry, highlighting its potential to support production decisions, identify operational constraints, and improve organizational performance.

Methodology / approach
This applied, exploratory, quantitative case study developed a mathematical model using real company data and implemented it through the Microsoft Excel Solver optimization tool.

Main results
The model identified the optimal production mix to maximize revenue, determined the critical production constraints, and demonstrated the usefulness of sensitivity analysis for evaluating resource limitations.

Theoretical / methodological contributions
The research reinforces the applicability of Linear Programming as an Operations Research tool and provides an optimization model adaptable to small manufacturing companies with similar production characteristics.

Social / management contributions
The findings support more efficient production planning, better resource allocation, and improved managerial decision-making, contributing to increased competitiveness in small food manufacturing companies.

Keywords: Operations Research, Linear Programming, Production Planning, Excel Solver, Food Industry

OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE BOLACHAS ARTESANAIS POR MEIO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR: UM ESTUDO DE CASO COM O EXCEL SOLVER

1. Introdução

O planejamento da produção constitui uma das principais atividades da gestão operacional, pois permite que as organizações utilizem seus recursos de forma eficiente para atender às necessidades do mercado. Decisões relacionadas à quantidade a ser produzida, à disponibilidade de matérias-primas e ao atendimento da demanda influenciam diretamente o desempenho produtivo, os níveis de estoque e os resultados financeiros das empresas. Entretanto, pequenas e médias indústrias ainda realizam essas decisões, em muitos casos, com base na experiência dos gestores, reduzindo a utilização de métodos quantitativos capazes de apoiar o processo decisório (Blanco, 2020).

Nesse cenário, a Pesquisa Operacional (PO) destaca-se como uma importante ferramenta de apoio à decisão, utilizando modelos matemáticos para representar problemas reais e identificar soluções ótimas diante de diferentes restrições. Por meio de técnicas como a Programação Linear, a PO permite otimizar a utilização de recursos disponíveis, contribuindo para o planejamento da produção, o controle de estoques, a alocação de matérias-primas, a maximização dos resultados organizacionais e a elaboração de estratégias eficientes. Embora tenha sido inicialmente desenvolvida para aplicações militares, atualmente sua utilização está consolidada em diversos setores produtivos, sendo reconhecida como instrumento de apoio ao planejamento estratégico e operacional (Silva, 2024).

Entretanto, estudos apontam que sua aplicação ainda é pouco difundida em pequenas e médias empresas. Isso ocorre, porque frequentemente essas organizações realizam suas decisões estratégicas e de produção com base na experiência dos gestores, reduzindo o potencial de utilização de ferramentas quantitativas para apoio gerencial e, consequentemente, os potenciais resultados alcançados (Scarpati et al., 2020).

Entre os principais desafios enfrentados pelas indústrias de pequeno porte está o equilíbrio entre a capacidade produtiva, a disponibilidade de matérias-primas, os níveis de estoque e o atendimento da demanda. Um planejamento inadequado pode resultar tanto em excesso de produção, ocasionando custos desnecessários de armazenagem e desperdícios, quanto em insuficiência de produtos para atender o mercado, comprometendo vendas, lucratividade e satisfação dos clientes. Dessa forma, a integração entre produção, previsão de demanda e gerenciamento de estoques torna-se essencial para garantir maior eficiência operacional e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Costa et al., 2023; Oliveira et al., 2026).

Nesse contexto, a otimização assume papel fundamental no processo decisório, permitindo determinar a melhor combinação de produção diante das limitações existentes. Ferramentas computacionais, como o suplemento Solver do Microsoft Excel, possibilitam aplicar modelos de Programação Linear de maneira acessível, permitindo que pequenas empresas utilizem técnicas de Pesquisa Operacional sem a necessidade de softwares especializados. Diversos estudos demonstram que o Solver constitui uma alternativa eficiente para apoiar decisões relacionadas ao planejamento da produção, maximização de lucros, redução de custos e utilização racional dos recursos produtivos, apresentando resultados satisfatórios em diferentes segmentos industriais (Yamazaki et al., 2024; Carneiro et al., 2020).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a disponibilidade de produtos em função da demanda de uma fábrica de bolachas de pequeno porte localizada na região do Seridó,

por meio da aplicação da Pesquisa Operacional utilizando o Solver do Microsoft Excel. Para isso, será desenvolvido um modelo de Programação Linear considerando informações referentes às receitas de fabricação, disponibilidade de matérias-primas, quantidade de lotes produzidos, atendimento da demanda mensal e restrições do processo produtivo, buscando identificar um plano de produção que maximize o lucro e proporcione melhor utilização dos recursos da empresa.

A realização desta pesquisa justifica-se pela necessidade de ampliar a aplicação de ferramentas quantitativas de apoio à decisão em pequenas empresas industriais, segmento que ainda apresenta baixo nível de utilização de modelos matemáticos no planejamento da produção e no gerenciamento de estoques. Além de contribuir para a otimização do processo produtivo da empresa estudada, o trabalho evidencia a viabilidade do uso do Solver do Microsoft Excel como uma ferramenta de baixo custo, fácil aplicação e elevado potencial para subsidiar decisões gerenciais, contribuindo para maior eficiência operacional, melhor atendimento da demanda e aumento da competitividade das pequenas indústrias.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Pesquisa Operacional: conceitos, fundamentos e evolução

A Pesquisa Operacional (PO) surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, quando equipes multidisciplinares passaram a empregar métodos científicos para solucionar problemas relacionados à logística, ao planejamento e à alocação de recursos. Posteriormente, seus métodos foram incorporados ao ambiente empresarial, consolidando-se como uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão baseada em modelos quantitativos. Nesse contexto, Abensur (2018) define a Pesquisa Operacional como a aplicação de métodos matemáticos e analíticos para identificar soluções ótimas em problemas complexos, enquanto Ribeiro (2025) destaca que seu principal objetivo é proporcionar maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis, reduzindo custos e aumentando os resultados organizacionais.

Com o avanço tecnológico e computacional, a Pesquisa Operacional expandiu significativamente seu campo de aplicação, tornando-se acessível não apenas às grandes organizações, mas também às micro e pequenas empresas. Segundo Oliveira et al. (2024), essa área fundamenta-se na construção de modelos matemáticos capazes de representar problemas reais, permitindo a análise de diferentes cenários antes da implementação de uma decisão. De forma complementar, Gatti Junior (2020) ressalta que a evolução das ferramentas computacionais ampliou a utilização das técnicas de Pesquisa Operacional em diversos setores produtivos, favorecendo decisões mais rápidas, objetivas e fundamentadas.

Dentre os principais fundamentos da Pesquisa Operacional, destaca-se a Programação Linear, considerada um dos maiores avanços científicos dos meados do século XX e uma das técnicas mais utilizadas na resolução de problemas de otimização. Essa metodologia busca determinar a melhor solução para um problema por meio da maximização ou minimização de uma função objetivo, respeitando um conjunto de restrições previamente estabelecidas. Trata-se de uma ferramenta amplamente empregada, capaz de gerar economias significativas de recursos financeiros tanto para grandes organizações quanto para empreendimentos de médio porte (Sanitá, 2023).

Para que um problema seja resolvido por meio da Programação Linear, é necessária a elaboração de um modelo matemático composto por variáveis de decisão, função objetivo e restrições, possibilitando a obtenção de resultados consistentes de acordo com as restrições lineares estabelecidas. Nesse sentido, a Programação Linear pode contribuir significativamente para uma melhor alocação de recursos nos setores fabris, auxiliando gestores na busca por soluções mais eficientes e economicamente viáveis (Breviário et al., 2025).

Portanto, a relevância da Pesquisa Operacional é evidenciada por sua ampla aplicação em diferentes contextos organizacionais, contribuindo para a melhoria da eficiência, da produtividade e da qualidade das decisões. Fontana et al. (2023) demonstram essa aplicabilidade ao utilizar a Programação Linear para maximizar o lucro de uma academia por meio do Solver do Excel, evidenciando que técnicas tradicionalmente empregadas em grandes organizações também podem ser implementadas em empresas de menor porte. Dessa forma, a Pesquisa Operacional consolida-se como uma importante área do conhecimento, fornecendo métodos científicos capazes de apoiar decisões estratégicas e operacionais em diferentes segmentos econômicos.

2.2 Pesquisa Operacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão nas organizações

A tomada de decisão constitui um fator estratégico para organizações que buscam crescimento e competitividade no mercado. Nesse contexto, a Pesquisa Operacional destaca-se como uma importante ferramenta para a resolução de problemas organizacionais, auxiliando os gestores na escolha da melhor alternativa diante de diferentes cenários. Entre suas principais técnicas, a Programação Linear apresenta elevada versatilidade, sendo aplicada em problemas relacionados ao planejamento da produção, transporte, definição de políticas de estoque, gerenciamento financeiro do fluxo de caixa, entre diversas outras situações reais enfrentadas pelas organizações (Dias & Gonçalves, 2015). De forma complementar, Silva et al. (2022) evidenciam a importância da Pesquisa Operacional na logística de entregas, demonstrando sua contribuição para minimizar barreiras como a indisponibilidade de produtos, o aumento da exigência dos clientes por entregas mais rápidas e as oscilações da demanda.

À medida que aumenta a quantidade de parâmetros e variáveis envolvidas na tomada de decisão, torna-se mais evidente a necessidade da utilização de modelos matemáticos capazes de apoiar esse processo. A adoção de métodos quantitativos proporciona decisões mais consistentes, fundamentadas em dados reais e em análises objetivas. Nesse sentido, por possuir características analíticas, a Pesquisa Operacional configura-se como uma ferramenta capaz de apoiar a escolha da melhor alternativa em uma ampla variedade de situações organizacionais (Cunha & Caixeta-Filho).

A Pesquisa Operacional também se mostra estratégica em diferentes áreas das organizações, especialmente no setor financeiro, onde pode ser utilizada tanto para maximizar lucros quanto para minimizar custos, contribuindo para uma melhor alocação dos recursos disponíveis. Sua utilização tornou-se cada vez mais frequente em organizações de grande porte, principalmente em razão do aumento da complexidade dos processos e da especialização das atividades. Entretanto, seus benefícios não se restringem à essas empresas, uma vez que sua aplicação pode gerar resultados positivos independentemente do porte organizacional. Contudo, Ramos et al. (2022) destacam que ainda existe baixa utilização das ferramentas da Pesquisa Operacional em micro e pequenas empresas, apesar do seu potencial para tornar os processos mais eficientes, otimizar recursos e fornecer maior suporte à gestão.

Desta forma, percebe-se que, diante de um mercado cada vez mais competitivo e influenciado pelos avanços tecnológicos, o processo de tomada de decisão tornou-se mais complexo, exigindo análises financeiras e operacionais cada vez mais precisas. Nesse cenário, a Programação Linear apresenta-se como uma ferramenta eficiente para a obtenção da solução ótima em problemas que envolvem função objetivo e restrições, fornecendo suporte à administração e ao planejamento organizacional (Simão, 2020). De forma complementar, Silva & Nascimento (2025) ressaltam que a Pesquisa Operacional contribui para o aperfeiçoamento dos processos organizacionais, especialmente na logística, por meio da redução de custos e da

melhor alocação de recursos. Assim, sua incorporação às rotinas estratégicas permite agregar valor às operações e promover melhorias contínuas nos processos das organizações.

2.3 Aplicação da Pesquisa Operacional em micro e pequenas empresas

Embora tradicionalmente associada às grandes organizações, conforme discutido anteriormente, a Pesquisa Operacional tem demonstrado crescente aplicabilidade também em empresas de pequeno porte. Nesse contexto, observa-se um incentivo à adoção de suas técnicas por micro e pequenas empresas, com o objetivo de aprimorar a gestão e promover melhorias nos processos organizacionais. Em um estudo aplicado ao setor alimentício, Yoshida et al. (2020) evidenciam a importância da Pesquisa Operacional em microempreendimentos por meio da maximização da receita e da aplicação do Problema do Caixeiro Viajante no setor de entregas, um clássico problema de otimização combinatória amplamente difundido e de fácil aplicação em situações reais.

Segundo a comunidade SEBRAE (2022), os microempreendimentos apresentam as maiores taxas de encerramento das atividades em até cinco anos, correspondendo a 29% dos casos, enquanto as microempresas representam 21,6% e as empresas de pequeno porte, 17%. Entre os principais fatores apontados pelos empreendedores estão os impactos da pandemia (41%), o baixo volume de vendas (20%) e a insuficiência de capital (22%). Esses dados evidenciam a importância de uma gestão eficiente para o controle das despesas, a maximização dos lucros e o aumento da longevidade dos negócios. Nesse contexto, Santos et al. (2022) apresentaram a aplicação da Pesquisa Operacional em uma pequena empresa do setor de confeitaria que enfrentava dificuldades relacionadas à gestão, ao equilíbrio dos estoques, à identificação dos produtos mais lucrativos, à diversidade de sabores e ao curto prazo de validade dos produtos. Com o emprego do Solver como ferramenta de apoio à decisão, os autores obtiveram resultados satisfatórios, alcançando soluções próximas do ótimo para a realidade da empresa.

A Pesquisa Operacional também demonstra elevada aplicabilidade em empresas prestadoras de serviços, nas quais a maximização da receita representa um dos principais desafios gerenciais. Nesse cenário, a elaboração de modelos matemáticos capazes de simular diferentes situações permite avaliar alternativas e apoiar decisões estratégicas, sendo esses modelos solucionados com o auxílio de ferramentas computacionais, como o Solver (Xavier et al., 2025). De forma complementar, Garcia et al. (2020) destacam que pequenos produtores rurais, muitas vezes, possuem acesso limitado às tecnologias de gestão, baixo nível de monitoramento operacional e reduzido acesso à capacitação técnica, fatores que dificultam o desenvolvimento da agricultura familiar. Diante desse cenário, os autores defendem que a implementação das técnicas da Pesquisa Operacional pode contribuir para suprir essa carência tecnológica, oferecendo suporte à tomada de decisão por meio de soluções gerenciais otimizadas.

Por fim, sabe-se que processos padronizados e otimizados tendem a proporcionar melhores resultados, reduzindo atrasos, erros e congestionamentos nos setores produtivos e de distribuição. Dessa forma, organizações dos mais diversos segmentos têm incorporado métodos da Pesquisa Operacional em seus processos, buscando aumentar a eficiência operacional, otimizar recursos e elevar a lucratividade. Assim, ressalta-se que a Pesquisa Operacional é capaz de fornecer aos gestores informações relevantes para a tomada de decisão, tornando esse processo mais simples, eficiente e fundamentado.

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, por buscar a utilização de conhecimentos científicos para a solução de um problema prático em um contexto organizacional (Pereira et al., 2023). Quanto aos objetivos, classifica-se como exploratória, uma

vez que busca compreender o problema estudado e propor soluções para sua melhoria (Silva et al., 2022). A pesquisa possui abordagem quantitativa, pois utiliza dados numéricos relacionados à produção, disponibilidade de recursos, demanda e receita dos produtos para a construção e análise de um modelo matemático. Conforme Pitanga (2020), pesquisas dessa natureza fundamentam-se na mensuração de variáveis e na análise de suas relações para subsidiar a tomada de decisão.

Como procedimento técnico, adotou-se o estudo de caso, estratégia adequada para a investigação aprofundada de fenômenos em seu contexto real (Sátyro & D'Albuquerque, 2020). A coleta de dados foi realizada por meio de entrevista semiestruturada com o gerente da empresa, responsável pela gestão da produção e pela comercialização dos produtos. Isso possibilitou a obtenção de informações sobre o processo produtivo, disponibilidade de matérias-primas, capacidade de produção, demanda e valores de comercialização.

A partir dos dados coletados, foi formulado um modelo de Programação Linear, cujas variáveis, função objetivo e restrições foram implementadas no suplemento Solver do Microsoft Excel. Posteriormente, foi realizada a análise dos resultados obtidos, complementada pelo relatório de sensibilidade, permitindo identificar os fatores limitantes do processo produtivo e propor melhorias para o planejamento da produção.

3.1 Caracterização Da Empresa

A pesquisa foi desenvolvida em uma pequena indústria alimentícia de caráter familiar, localizada no município de Currais Novos/RN, especializada na fabricação de bolachas artesanais. A empresa atua no mercado regional, comercializando seus produtos para supermercados, mercantis e demais estabelecimentos comerciais da cidade e de municípios vizinhos. Atualmente, sua produção contempla diferentes variedades de bolachas, destacando-se a bolacha Amanteigada, bolacha Comum, Biscoito Palito, bolacha Maragogi e bolacha Rainha, que constituíram o objeto de análise deste estudo. Por se tratar de uma empresa de pequeno porte, o planejamento da produção é realizado de forma empírica, com base na experiência do gestor, característica que motivou a aplicação da Programação Linear como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

4. Resultados e Discussões

4.1 Caracterização do problema de produção

A aplicação da Pesquisa Operacional foi realizada em uma pequena indústria do setor alimentício especializada na fabricação de bolachas artesanais, apresentada anteriormente. A empresa produz cinco tipos de produtos: bolacha Amanteigada, bolacha Comum, Biscoito Palito, bolacha Maragogi e bolacha Rainha. Atualmente, a programação da produção é definida com base na experiência do gestor e na demanda observada, sem a utilização de ferramentas quantitativas de apoio à decisão. Diante desse cenário, desenvolveu-se um modelo de Programação Linear com o objetivo de determinar um plano de produção capaz de maximizar a receita da empresa, respeitando as limitações impostas pela disponibilidade de recursos, pelo tempo de produção e pela demanda de mercado. A Tabela 1 apresenta a frequência mensal de produção de cada tipo de bolacha e a respectiva quantidade produzida em fardos.

Tabela 1: Produção mensal em fardos

Tipo	Frequência de produção mensal	Quantidade produzida no mês
Amanteigada	4	100 fardos/mês
Comum	4	100 fardos/mês
Biscoito palito	2	40 fardos/mês
Maragogi	2	20 fardos/mês

Rainha	1	10 fardos/mês

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Observa-se que a bolacha amanteigada e a bolacha comum representam a maior parcela da produção mensal da empresa, sendo fabricadas em quatro dias por mês e totalizando aproximadamente 100 fardos cada. Os demais produtos apresentam menor frequência de fabricação e, consequentemente, menores volumes produzidos. Essa distribuição demonstra que a programação atual da produção prioriza os produtos de maior comercialização, enquanto os demais são fabricados em menor escala para atender demandas específicas do mercado.

Cada fardo produzido é composto por 20 pacotes de bolachas. Em um turno de produção são obtidos, em média, 25 fardos de bolacha amanteigada e comum, 20 fardos de biscoito palito e 10 fardos de bolacha Maragogi e Rainha. Com base nessas informações, foi determinada a demanda mensal de cada produto, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Demanda mensal em fardos

Demanda mensal em fardos	
Amanteigada	100 fardos/mês
Comum	50 fardos/mês
Biscoito palito	12 fardos/mês
Maragogi	12,5 fardos/mês

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Ao comparar a demanda mensal com a produção realizada pela empresa, verifica-se que a bolacha amanteigada apresenta produção equivalente à demanda estimada, enquanto os demais produtos são fabricados em quantidades superiores às necessidades mensais. Esse comportamento indica a existência de uma margem de produção destinada à formação de estoques, prática adotada pela empresa para garantir o atendimento aos clientes diante de possíveis oscilações da demanda ou interrupções no processo produtivo. Entretanto, essa estratégia pode resultar na utilização de recursos produtivos acima do necessário, comprometendo a eficiência operacional, uma vez que práticas de armazenagem eficientes buscam minimizar a estocagem e os custos associados (Santos et al., 2022), o que reforçando a importância da aplicação de técnicas de Pesquisa Operacional para otimizar o planejamento da produção, assim a utilização de modelos matemáticos contribui para a redução das incertezas e dos riscos nos processos de tomada de decisão, permitindo a resolução de problemas de programação linear com o apoio de softwares, como o Excel, e ferramentas de otimização, como o Solver (Oliveira et al., 2020).

Os valores de comercialização considerados na modelagem matemática estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Tabela de receita por fardo

Tipo	**Receita por fardo R$**
Amanteigada	65
Comum	42
Biscoito palito	65
Maragogi	82
Rainha	82

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Observa-se que as bolachas Maragogi e Rainha apresentam a maior receita por fardo produzido, enquanto a bolacha comum possui o menor valor de comercialização. Por outro

lado, a bolacha amanteigada alia uma receita elevada a um maior volume de produção mensal, tornando-se um dos principais produtos da empresa em termos de participação no faturamento. Essas diferenças reforçam a necessidade de um modelo de otimização, uma vez que a combinação entre produtos de maior valor agregado e aqueles produzidos em maior escala influencia diretamente a receita total obtida pela empresa.

Para a formulação do modelo matemático também foram considerados o consumo de matérias-primas por fardo, o tempo necessário para fabricação de cada produto e a disponibilidade mensal de cada recurso, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Tabela de quantidade de matéria prima utilizada por fardo e suas disponibilidades

Tipo da bolacha	**Farinha (kg)**	**Margarina (kg)**	**Açúcar (kg)**	**Essência de laranja (L)**	**Fermento seco (kg)**	**Fermento em pó (kg)**	**Amido (kg)**	**Amoníaco (kg)**	**Sal (kg)**	**Manteiga (L)**	**Tempo de produção (h)**	**Água (L)**
Amanteigada	2	0,16	0,08	-	0,04	-	-	-	0,08	0,08	0,32	0,8
Comum	2	0,16	0,08	-	0,04	-	-	-	0,08	-	0,32	0,8

Biscoito palito	1,25	0,23	0,38	0,002	-	0,05	0,25	0,13	-	-	0,3	0,4
Maragogi	2,5	2,3	1,1	-	-	-	1	-	-	-	1,6	0,6
Rainha	10	1,4	0,6	-	-	-	1	-	-	-	0,8	0,6
Disponibilidade real	1750kg	600kg	300kg	5l	20 barras	10kg	80kg	25kg	60kg	20l	173,33	ilimitado

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Os dados evidenciam que cada tipo de bolacha apresenta características produtivas distintas quanto ao consumo de matérias-primas e ao tempo de fabricação. Destaca-se que a bolacha Rainha demanda a maior quantidade de farinha por fardo (10 kg), enquanto a bolacha Maragogi apresenta o maior consumo de margarina (2,3 kg) e o maior tempo de produção (1,6 h por fardo). Em contrapartida, o biscoito palito possui o menor tempo de fabricação (0,3 h por fardo), embora utilize uma maior diversidade de ingredientes quando comparado aos demais produtos.

Essas diferenças demonstram que a simples análise da receita de venda não é suficiente para definir o melhor plano de produção, uma vez que cada produto consome recursos em

proporções distintas. Dessa forma, a disponibilidade de matérias-primas e o tempo de produção tornam-se fatores limitantes do sistema, justificando a utilização da Programação Linear como ferramenta de apoio à decisão para determinar a combinação de produção que maximize a receita da empresa sem exceder os recursos disponíveis.

4.2 Formulação do modelo de Pesquisa Operacional

4.2.1 Modelagem matemática

Com base nas informações levantadas sobre o processo produtivo da empresa, procedeu-se à formulação do modelo de Programação Linear, responsável por representar matematicamente o problema estudado. O modelo foi estruturado a partir da definição das variáveis de decisão, da função objetivo e das restrições operacionais, permitindo determinar a combinação de produção capaz de maximizar a receita da empresa, respeitando as limitações de disponibilidade de matérias-primas, tempo de produção e demanda dos produtos.

As variáveis de decisão representam a quantidade de fardos produzidos de cada tipo de bolacha durante o período analisado, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Variáveis de decisão

Variáveis	Descrição
x1	Quantidade de fardos produzidos de bolacha amanteigada
x2	Quantidade de fardos produzidos de bolacha comum
x3	Quantidade de fardos produzidos de biscoito palito
x4	Quantidade de fardos produzidos de bolacha Maragogi
x5	Quantidade de fardos produzidos de bolacha rainha

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Após a definição das variáveis de decisão, foi estabelecida a função objetivo do modelo. Como o propósito do estudo é maximizar a receita proveniente da comercialização das bolachas, utilizaram-se como coeficientes os valores de venda por fardo de cada produto, apresentados anteriormente na caracterização do problema.

Função Objetivo (F.O.): $Maximizar\ Z = 65x1 + 42x2 + 65x3 + 82x4 + 82x5$

Em seguida, foram definidas as restrições do modelo matemático. Inicialmente, considerou-se a disponibilidade mensal das matérias-primas utilizadas na fabricação das bolachas, limitando o consumo de farinha, margarina, açúcar, essência de laranja, fermento seco, fermento em pó, amido, amoníaco, sal e manteiga. Posteriormente, foi incorporada a restrição referente ao tempo disponível para produção, refletindo a capacidade operacional da empresa. Por fim, foram estabelecidas restrições de atendimento à demanda mínima de cada produto, garantindo que o plano de produção obtido pelo modelo atendesse às necessidades do mercado. Todos os coeficientes foram definidos com base no consumo de recursos por fardo produzido.

Tabela 6: Tabela de restrições

Restrições	Funções
Disponibilidade de farinha	$2\ x_1 + 2\ x_2 + 1{,}2\ 5x_3 + 2{,}5\ x_4 + 10x_5 \leq 1750$
Disponibilidade de margarina	$0{,}16\ x_1 + 0{,}16\ x_2 + 0{,}23\ x_3 + 2{,}3\ x_4 + 1{,}4\ x_5 \leq 600$
Disponibilidade açúcar	$0{,}08\ x_1 + 0{,}08\ x_2 + 0{,}38\ x_3 + 1{,}1\ x_4 + 0{,}6\ x_5 \leq 300$
Disponibilidade de essência	$0{,}002\ x_3 \leq 5$
Disponibilidade de fermento seco	$0{,}04\ x_1 + 0{,}04\ x_2 \leq 20$
Disponibilidade de fermento em pó	$0{,}05\ x_3 \leq 10$
Usado em B e T	$0{,}20\ x_3 + 0{,}0001\ x_5 \leq 16$
Disponibilidade do amido	$0{,}25\ x_3 + 1\ x_4 + 1\ x_5 \leq 80$
Disponibilidade do amoníaco	$0{,}13\ x_3 \leq 25$
Disponibilidade do sal	$0{,}08\ x_1 + 0{,}08\ x_2 \leq 60$

Disponibilidade de manteiga	$0,08\ x_1 \leq 20$
Tempo de produção	$0,32\ x_1 + 0,32\ x_2 + 0,3x_3 + 1,6\ x_4 + 0,8\ x_5 \leq 173,33$
Demanda mensal	$X_1 \geq 100$ $X_2 \geq 50$ $X_3 \geq 12$ $X_4 \geq 12,5$ $X_5 \geq 2,5$
Não negatividade	$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0$

Fonte: Elaborado por autores (2026)

Observa-se que o modelo foi composto por dez restrições relacionadas à disponibilidade de matérias-primas, uma restrição referente ao tempo disponível de produção e cinco restrições destinadas ao atendimento da demanda mínima dos produtos. Além dessas, foram consideradas as restrições de não negatividade das variáveis de decisão, garantindo que as quantidades produzidas não assumam valores negativos. Embora essas restrições não tenham sido inseridas explicitamente no Solver do Excel, elas são consideradas pelo suplemento durante o processo de otimização, uma vez que o algoritmo Simplex busca soluções não negativas para as variáveis de decisão que satisfaçam o conjunto de restrições do modelo (Garcia et al., 2020). Dessa forma, o modelo contempla simultaneamente os principais fatores que influenciam o planejamento da produção da empresa, permitindo que o Solver do Microsoft Excel identifique a combinação de produção capaz de maximizar a receita sem exceder os recursos disponíveis.

4.3 Aplicação do Excel Solver

4.3.1 Resultados da otimização

Após a formulação do modelo matemático, o problema foi resolvido utilizando o suplemento Solver do Microsoft Excel, empregando o método Simplex LP para obtenção da solução ótima. Para possibilitar a geração do relatório de sensibilidade, o modelo foi resolvido considerando as variáveis de decisão como contínuas. Conforme Gonçalves (2026), a definição do domínio das variáveis de decisão distingue modelos contínuos e discretos, influenciando a configuração do espaço viável e a interpretação das soluções. Dessa forma, embora a produção real seja composta por quantidades inteiras de fardos, a solução contínua foi adotada exclusivamente para fins de análise da sensibilidade do modelo, não comprometendo a interpretação dos resultados obtidos.

Após a otimização, verificou-se que o modelo atingiu uma receita máxima de R$ 31.600,16, indicando que existe uma combinação de produção capaz de gerar um retorno financeiro superior ao planejamento atualmente realizado pela empresa.

A Tabela 7 apresenta os valores ótimos encontrados para as variáveis de decisão.

Tabela 7: Células variáveis do relatório de respostas

Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
x1	242,6177885	242,6177885	Conting.
x2	50	50	Conting.
x3	192,3076923	192,3076923	Conting.
x4	12,5	12,5	Conting.
x5	2,5	2,5	Conting.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Observa-se que o Solver recomendou elevar significativamente a produção da bolacha amanteigada e do biscoito palito, passando para aproximadamente 242,62 e 192,31 fardos,

respectivamente. Em contrapartida, a produção da bolacha comum permaneceu em 50 fardos, enquanto as bolachas Maragogi e Rainha permaneceram em 12,5 e 2,5 fardos, exatamente iguais às demandas mínimas estabelecidas no modelo.

Esses resultados demonstram que, para maximizar a receita, o modelo prioriza os produtos que apresentam melhor combinação entre valor de comercialização e consumo dos recursos disponíveis. Por outro lado, os produtos comum, Maragogi e Rainha são mantidos apenas nos níveis mínimos necessários para atender à demanda, indicando que o aumento de sua produção não contribui para elevar a receita total da empresa nas condições analisadas. A Tabela 9 apresenta o relatório das restrições obtido pelo Solver.

Tabela 9: Restrições do relatório de respostas

Nome	Valor da Célula	Status	Margem de Atraso
Farinha LSH	881,8701923	Não-associação	868,1298077
Margarinha LSH	123,2996154	Não-associação	476,7003846
Açúcar LSH	111,7363462	Não-associação	188,2636538
Essência LSH	0,384615385	Não-associação	4,615384615
Fermento seco LSH	11,70471154	Não-associação	8,295288462
Fermento em pó LSH	9,615384615	Não-associação	0,384615385
Amido LSH	63,07692308	Não-associação	16,92307692
Amaníaco LSH	25	Associação	0
Sal LSH	23,40942308	Não-associação	36,59057692
Manteiga LSH	19,40942308	Não-associação	0,590576923
Tempo de produção LSH	173,33	Associação	0
Manteigada LSH	242,6177885	Não-associação	142,6177885
Comum LSH	50	Associação	0
Palito LSH	192,3076923	Não-associação	180,3076923
Maragogi LSH	12,5	Associação	0
Rainha LSH	2,5	Associação	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

A análise das restrições mostra que apenas o amoníaco e o tempo de produção apresentaram situação de associação e margem de atraso igual a zero, caracterizando-se como restrições ativas do modelo. Isso significa que esses recursos foram totalmente utilizados durante a solução ótima, tornando-se os principais fatores limitantes da produção.

As restrições referentes à demanda mínima da bolacha comum, Maragogi e Rainha também permaneceram ativas, evidenciando que esses produtos foram produzidos exatamente nas quantidades mínimas exigidas pelo mercado.

Em contrapartida, as demais matérias-primas apresentaram margens de atraso positivas, indicando que ainda permaneceram quantidades disponíveis de farinha, margarina, açúcar, essência de laranja, fermentos, amido, sal e manteiga após a obtenção da solução ótima. Dessa forma, esses recursos não limitaram o desempenho do modelo.

Com o objetivo de avaliar a estabilidade da solução encontrada, foi realizada a análise de sensibilidade. A Tabela 10 apresenta os resultados referentes às variáveis de decisão.

Tabela 10: Variáveis do relatório de sensibilidade

Nome	Final valor	Reduzido custo	Objetivo coeficiente	Permitido aumentar	Permitido reduzir
x1	242,6177885	0	65	4,333333333	23
x2	50	0	42	23	1E+30

x3	192,3076923	0	65	1E+30	4,0625
x4	12,5	0	82	243	1E+30
x5	2,5	0	82	80,5	1E+30

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Observa-se que todas as variáveis apresentaram custo reduzido igual a zero, indicando que fazem parte da solução ótima encontrada pelo modelo. Além disso, os intervalos permitidos de aumento e redução dos coeficientes da função objetivo demonstram que pequenas alterações nos valores de comercialização dos produtos não modificam imediatamente a composição da solução ótima, evidenciando estabilidade do modelo para variações dentro dos limites apresentados pelo Solver. A Tabela 11 apresenta a análise de sensibilidade das restrições do modelo.

Tabela 11: Restrições do relatório de sensibilidade

Nome	Valor final	Preço-sombra	Restrição lateral R.H.	Permitido aumentar	Permitido reduzir
Farinha LSH	881,8701923	0	1750	1E+30	868,1298077
Margarinha LSH	123,2996154	0	600	1E+30	476,7003846
Açúcar LSH	111,7363462	0	300	1E+30	188,2636538
Essência LSH	0,384615385	0	5	1E+30	4,615384615
Fermento seco LSH	11,70471154	0	20	1E+30	8,295288462
Fermento em pó LSH	9,615384615	0	10	1E+30	0,384615385
Amido LSH	63,07692308	0	80	1E+30	16,92307692
Amaníaco LSH	25	31,25	25	1	1,023666667
Sal LSH	23,40942308	0	60	1E+30	36,59057692
Manteiga LSH	19,40942308	0	20	1E+30	0,590576923
Tempo de produção LSH	173,33	203,125	173,33	2,362307692	45,63769231
Manteigada LSH	242,6177885	0	100	142,6177885	1E+30
Comum LSH	50	-23	50	142,6177885	7,382211538
Palito LSH	192,3076923	0	12	180,3076923	1E+30
Maragogi LSH	12,5	-243	12,5	16,92307692	1,476442308
Rainha LSH	2,5	-80,5	2,5	16,92307692	2,5

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Os resultados evidenciam que o tempo de produção apresentou o maior preço sombra (203,125), indicando que, para cada hora adicional disponível de produção, a receita máxima da empresa poderá aumentar em aproximadamente R$ 203,13, desde que respeitado o intervalo permitido pelo relatório de sensibilidade. Já o amoníaco apresentou preço sombra igual a 31,25, demonstrando que o aumento da disponibilidade deste insumo também contribui para elevar a receita da empresa, embora com impacto inferior ao observado para o tempo de produção.

Por outro lado, as restrições de demanda mínima das bolachas comum, Maragogi e Rainha apresentaram preços-sombra (*shadow price*) negativos. Esse resultado indica que essas exigências restringem a flexibilidade do modelo, uma vez que obrigam a empresa a destinar

parte da capacidade produtiva à fabricação desses produtos, mesmo quando seria mais vantajoso direcionar os recursos para aqueles que proporcionam maior receita.

De modo geral, a análise de sensibilidade permitiu identificar não apenas a solução ótima, mas também os recursos que exercem maior influência sobre o desempenho do sistema produtivo, fornecendo informações relevantes para o planejamento da produção e para futuras tomadas de decisão.

4.3.2 Propostas de melhoria

Com base nos resultados obtidos por meio da aplicação da Programação Linear, foram identificadas oportunidades de melhoria capazes de contribuir para o aperfeiçoamento do planejamento da produção da empresa.

Inicialmente, recomenda-se a adoção de medidas voltadas à otimização da capacidade produtiva, principalmente por meio da reorganização do processo de fabricação e da redução de tempos improdutivos. Como o tempo de produção foi identificado como um dos principais fatores limitantes do modelo, melhorias relacionadas ao seu aproveitamento podem proporcionar aumento da receita sem a necessidade imediata de investimentos em novos recursos produtivos.

Outra proposta é o planejamento mais eficiente da aquisição e do controle dos insumos críticos ao processo produtivo, especialmente daqueles que apresentaram limitação durante a otimização. O monitoramento contínuo da disponibilidade desses materiais pode reduzir restrições operacionais e contribuir para uma utilização mais eficiente da capacidade produtiva da empresa.

Em adição, destaca-se a importância da utilização do modelo matemático como ferramenta de apoio ao planejamento da produção. A reexecução periódica do modelo, considerando atualizações na demanda, na disponibilidade de matérias-primas e nos valores de comercialização dos produtos, permitirá definir planos de produção mais adequados às condições operacionais de cada período, tornando o processo de tomada de decisão mais objetivo e fundamentado.

Por fim, recomenda-se a revisão periódica do mix de produção, priorizando a fabricação dos produtos que proporcionem maior retorno econômico, desde que sejam respeitados os níveis mínimos de atendimento da demanda e as restrições operacionais da empresa. Essa prática possibilita uma melhor alocação dos recursos disponíveis, contribuindo para o aumento da eficiência produtiva e para a maximização da receita. Além disso, a utilização da Programação Linear favorece a elaboração de estratégias de produção mais eficientes, permitindo decisões mais fundamentadas e contribuindo para a obtenção de vantagem competitiva pela organização (Portilho et al., 2021).

5. Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo otimizar o planejamento da produção de uma indústria de bolachas artesanais por meio da aplicação da Programação Linear, utilizando o Solver do Microsoft Excel como ferramenta de apoio à resolução do modelo matemático. A partir da modelagem desenvolvida, foi possível determinar uma combinação ótima de produção capaz de maximizar a receita da empresa, respeitando as restrições de disponibilidade de matérias-primas, tempo de produção e atendimento à demanda mínima dos produtos.

Os resultados demonstraram que a aplicação da Pesquisa Operacional constitui um importante instrumento de apoio à tomada de decisão, permitindo substituir o planejamento baseado exclusivamente na experiência do gestor por uma abordagem fundamentada em métodos quantitativos. Além disso, a análise de sensibilidade possibilitou identificar os principais recursos limitantes do processo produtivo, fornecendo informações relevantes para

o direcionamento de ações voltadas à melhoria da eficiência operacional e do planejamento da produção.

As propostas de melhoria elaboradas a partir dos resultados evidenciam que a otimização do tempo de produção, o gerenciamento dos recursos críticos e a utilização contínua do modelo matemático podem contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e para o aumento da receita da empresa, tornando o processo de planejamento mais eficiente e confiável. Como limitação deste estudo, destaca-se que o modelo foi desenvolvido considerando a maximização da receita como função objetivo, não contemplando simultaneamente outros fatores relevantes ao processo produtivo, como custos operacionais, capacidade dos equipamentos, disponibilidade de mão de obra e variações da demanda ao longo do tempo. Dessa forma, os resultados representam uma condição específica de análise, baseada nas informações coletadas durante a realização da pesquisa.

Por fim, recomenda-se que trabalhos futuros ampliem o modelo proposto por meio da incorporação de múltiplos critérios de decisão, incluindo custos de produção, capacidade dos equipamentos, disponibilidade de mão de obra e diferentes cenários de demanda, permitindo análises mais abrangentes e representativas da realidade operacional da empresa.

6. REFERÊNCIAS

Abensur, E. O. (2018). *Pesquisa operacional para cursos de engenharia de produção*. Editora Blucher.

Blanco, B. B. (2020). Gestão de processos em pequenas empresas: resultados de uma pesquisa-ação em uma fábrica de óculos de madeira no Rio de Janeiro. *Revista Produção Online*, 20(3), 923-947.

Breviário, Á. G., Souza, J. M. de, Lucena, J. B., & Rago, L. F. (2025). Análise estatística de big data para melhorias em processos de fabricação: uma abordagem combinada de programação linear e machine learning. *Current Scientific Journal*, 5, 335-362.

Carneiro, M. G. et al. (2020). Programação linear e a maximização de lucros: estudo de caso em um produtor de trufas de chocolate. *South American Development Society Journal*, 6(17), 357. DOI: https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i17p357-373

Costa, B. M. de L., Campos, M. C. C. S., & Lima, V. M. M. B. de. (2026). Planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas: case resolvido. *Revista Tópicos*. DOI: 10.5281/zenodo.10359942

Cunha, V., & Caixeta-Filho, J. V. (2021). Ferramenta interativa de treinamento em pesquisa operacional: modelagem matemática, resolução de problemas e análise de sensibilidade para tomada de decisão. *In Reflexiones y propuestas para los desafíos de la educación actual* (pp. 126-136). Adaya Press.

Silva, J. V. O., & Nascimento, M. V. do. (2025). Aplicação de técnicas de pesquisa operacional para redução de custos logísticos. *Revista Ciências Exatas*, 31(2). https://doi.org/10.69609/1516-2893.2025.v31.n2.a4072

Oliveira, E. A. F., Januário, T. L. da S., & Araújo Filho, J. G. de. (2024). Análise do ensino de modelagem matemática na disciplina de pesquisa operacional em cursos de engenharia de produção. *Exacta*, 22(1), 304-320. https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.21664

Dias, I. C. P., & Gonçalves, M. C. (2015). *Utilização de ferramentas de pesquisa operacional no processo de tomada de decisão: um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte*. In Anais do VI Encontro Paraense de Engenharia de Produção (pp. 1-9). Belém, PA: EPAEP.

Fontana, A., Groenwald, C. L. O., & Zat, A. D. O. (2023). Análise para maximização do lucro em uma academia da serra gaúcha com aplicação da Pesquisa Operacional. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 13(2), 1-19. https://doi.org/10.37001/ripem.v13i2.3476

Garcia, M. P. B., Bertoncell, A. G., & Godoy, I. A. S. P. de. (2020). Pesquisa Operacional como ferramenta à maximização de receitas: estudo de caso em uma horticultura. *Revista Alomorfia*, 4(3), 163-174.

Gonçalves, R. A. (2026). Alucinação numérica no solver: ruptura de integridade sob configuração regional no Microsoft Excel. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), e757892. https://doi.org/10.47820/recima21.v7i5.7892

Gatti Junior, W. G. (2020). *Pesquisa operacional*. Editora Senac São Paulo.

Oliveira, D. D. S., Maia, I. D. A., Nery, L. F. C., Almeida, J. F. S. D., & Torre, M. F. M. (2020). *Pesquisa operacional: maximização do lucro na criação de um estoque de segurança em uma empresa de moto acessórios*. Repositório Institucional da UCB. https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UCB-2_1c6b2a9e475938371b664f6d1c9f5b5a

Oliveira, R. K.S., Feroni, R. de C., Demonel, W., Gomes, T. C., & Rissino, S. das D. (2026). Desenvolvimento de ferramenta computacional para apoiar o planejamento e controle da produção (PCP) em micro e pequenas empresas (MPES). *Revista FSA*, 23(3), 118. http://dx.doi.org/10.12819/2026.23.3.6

Pereira, A. (2023). Pesquisa prática e pesquisa aplicada em educação: reflexões epistemo-metodológicas. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, 20. https://doi.org/10.5935/2238-1279.20230035

Pitanga, Â. F. (2020). Pesquisa qualitativa ou pesquisa quantitativa: refletindo sobre as decisões na seleção de determinada abordagem. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 8(17), 184-201. https://doi.org/10.33361/RPQ.2020.v.8.n.17.299

Portilho, G. R. et al. (2021). Pesquisa operacional utilizada na maximização de um processo em uma empresa do ramo de algodão hidrófilo. *Revista Mythos*, 13(2), 36-47. https://doi.org/10.36674/mythos.v16i2.605

Ramos, p. A., Melo, M. F. M. de, & Gonçalves, H. S. (2022). Aplicando pesquisa operacional no contexto de uma microempresa de serviços de beleza. *Revista Produção Online*, 22(1), 2209-2234. https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i1.4401

RIBEIRO, L. O. de M. (2025). Pesquisa operacional na tomada de decisão (180 p.). Freitas Bastos.

Sanitá, W. R. V. (2023). *Pesquisa operacional: tomada de decisão e otimização de processos*. Editora Senac São Paulo.

Santos, A. da S. et al. (2022). O uso da pesquisa operacional na otimização de uma pequena empresa de bolos. *Revista Fatenológica da Fatec-Jahu*, 16(1), 106-117. https://doi.org/10.54628/issn2763-5600.v16.1.2022.239

Sátyro, N. G. D., & D'Albuquerque, R. W. (2020). O que é um estudo de caso e quais as suas potencialidades. Sociedade e Cultura, 23. https://doi.org/10.5216/sec.v23i.55631

Scarpati, V., Santos, D. V. dos, Rocha, A. R., Zatta, F. N., & Gonçalves, W. (2020). *Modelagem matemática para pequenas empresas: uma contribuição à tomada de decisão em tempos de pandemia*. In Anais do X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. CONBREPRO.https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/08202020_180824_5f3eed8cde1c3.pdf

SEBRAE. (2022). *Sebrae em dados – Sobrevivência de empresas*. https://sebraepr.com.br/comunidade/artigo/sebrae-em-dados-sobrevivencia-de-empresas

Silva, B. P., Viegas, G. de O., & Pissardini, P. E. (2022). *Eficiência da logística de entrega: uma perspectiva a partir do uso da pesquisa operacional.* In Anais do XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (pp. 1-10). Foz do Iguaçu, PR: ABEPRO. 10.14488/enegep2022_tn_st_384_1905_45096

Silva, M. A. (2024). *Viabilidade dos usos da pesquisa operacional em uma pequena propriedade rural com diferentes culturas de hortaliças* [Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente]. RIC - CPS. https://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/handle/123456789/23993

Silva, A. R. R., Silva Bessa, B., Cymrot, R., Coutinho, J. T., & Orrego, R. M. M. (2022). Pesquisa exploratória sobre ambientes ágeis e de inovação. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação*, 22(1), 120-145. https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/14753

Simão, V. A. (2020). O uso da Pesquisa Operacional como instrumento fundamental para maximização do rendimento financeiro. *RICTS – Revista Internacional de Ciências, Tecnologia e Sociedade,* 3(2), 97-113. https://doi.org/10.37334/ricts.v3i2.38

Xavier, B. M. A., Camara, J. M. D. de A., Silva, M. L. da, Gomes, N. E., & Souza, N. O. de. (2025). *Aplicação da pesquisa operacional para maximização da receita de uma microempresa do setor de vendas de plano de saúde e odontológicos*. In Anais do XXII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende, RJ: SEGeT.

Yamazaki, F., Irazusta, S. P., & Formigoni, A. (2024). Pesquisa Operacional aplicada na maximização de caixas eletrônicos com a ferramenta Solver do Excel: controle dos gastos com manutenção de equipamentos. *Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia*, 11(Especial), 90-100. https://revista.fateccruzeiro.edu.br/index.php/htec/article/view/438

Yoshida, Y. M., Bachega, S. J., & Tavares, D. M. (2020). Uso da pesquisa operacional na gestão de uma microempresa. *Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas*, 5(1), 58-78. https://www.revistas.editoraenterprising.net/index.php/regmpe/article/view/228