

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO
E GEOGRAFIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DOUGLAS JUNIOR FERREIRA DE QUEIRÓZ

**OTIMIZAÇÃO LINEAR APLICADA Á PRODUÇÃO DE
SALTENHAS.**

CAMPO GRANDE, 2025

DOUGLAS JUNIOR FERREIRA DE QUEIRÓZ

**OTIMIZAÇÃO LINEAR APLICADA Á PRODUÇÃO DE
SALTENHAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Carolina Lino
Martins Pompeo de Camargo.

CAMPO GRANDE, 2025

RESUMO

Este relatório técnico tem o objetivo otimizar a produção e a gestão de recursos microempresa de saltenhas artesanais situada em Campo Grande, MS. Para isso, foram utilizados conceitos de Pesquisa Operacional. Por meio da utilização do Método Simplex e da ferramenta Solver do Microsoft Excel, desenvolveu-se um modelo de Programação Linear com o objetivo de maximizar o valor total de vendas e minimizar desperdícios, considerando as limitações de capacidade produtiva, disponibilidade de insumos e projeção de demanda. Foi realizada uma aplicação numérica com dados reais de feiras gastronômicas realizadas na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, permitindo a construção de um modelo fiel à realidade da microempresa. A partir dessas informações, foi realizada a projeção de vendas para o mês de maio, resultando em uma estratégia de produção otimizada. Os resultados demonstram a efetividade da modelagem matemática como ferramenta de apoio à tomada de decisão em pequenos negócios, contribuindo para o aumento da rentabilidade, redução de desperdícios e melhor alocação de recursos.

Palavras-chave: Programação linear; Pesquisa operacional; Otimização de processos.

ABSTRACT

This technical report aims to optimize the production and resource management of a microenterprise specialized in handcrafted saltenhas, located in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil. To this end, concepts from Operations Research were applied. Through the use of the Simplex Method and the Solver tool in Microsoft Excel, a Linear Programming model was developed with the objective of maximizing total sales revenue and minimizing waste, considering constraints related to production capacity, input availability, and demand forecasting. A numerical application was carried out using real data from gastronomic fairs held in the city of Campo Grande, Mato Grosso do Sul, allowing for the development of a model that reflects the operational reality of the microenterprise. Based on this information, sales projections for the month of May were elaborated, resulting in an optimized production strategy. The results demonstrate the effectiveness of mathematical modeling as a decision-support tool for small businesses, contributing to increased profitability, waste reduction, and improved resource allocation.

Keywords: Programming linear; Operational research; Processes optimization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA.....	8
2.1 COLETA DE DADOS	9
2.1.1 Documentação Indireta	9
2.1.2 Documentação Direta	9
2.2. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO	10
2.2.1 Definição das Variáveis e Restrições	10
2.2.2 Formulação Matemática	12
2.2.3 Aplicação do Solver no Excel	13
2.3 MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO	14
3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	15
3.1 FUNÇÃO OBJETIVO PARA PROJEÇÃO DE MAIO DE 2025 VIA SOLVER..	18
3.2 RESTRIÇÕES DO MODELO PARA PROJEÇÃO DE MAIO DE 2025 VIA SOLVER	18
3.3 VALIDAÇÃO DO MODELO	26
3.3.1 Teste de Otimização	26
3.3.2 Análise de Sensibilidade	26
3.3.3 Revisão e Ajuste dos Resultados	26
3.4 LIMITAÇÕES DO MODELO.....	26
3.5 PRÓXIMOS PASSOS	27
4 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O turismo gastronômico vem ganhando destaque como uma forma de valorizar a cultura local, permitindo que visitantes conheçam tradições regionais por meio da culinária. Essa experiência promove uma conexão direta entre o consumidor e os hábitos alimentares de determinada localidade, o que contribui para o fortalecimento da identidade cultural e do comércio local. Conforme Gimenes-Minasse (2014), a gastronomia pode funcionar como uma ponte entre o turista e os elementos culturais de uma região, fortalecendo o vínculo com suas tradições, história e identidade local, por meio de feiras, mercados locais, festivais e produtos típicos, promovendo a valorização da identidade regional.

Neste cenário, as feiras gastronômicas, desempenham papel essencial na promoção da culinária local, fortalecendo a economia regional e oferecendo aos consumidores uma variedade de produtos típicos e artesanais (GOMES *et al.*, 2019). Esses eventos reúnem diversas micro e pequenas empresas do setor alimentício, que enfrentam desafios complexos de gestão e tomada de decisão. Dentre eles, destacam-se a dificuldade em prever a demanda, planejar a produção de forma adequada, evitar desperdícios e otimizar o uso dos recursos disponíveis. Ser assertivo nesse planejamento pode representar a diferença entre lucro e prejuízo. Para lidar com essas incertezas e restrições, a Pesquisa Operacional se apresenta como uma ferramenta eficaz, oferecendo modelos quantitativos que auxiliam na definição de estratégias mais precisas e embasadas. Técnicas como a Programação Linear são aplicadas exatamente para esse fim: otimizar a produção, reduzir perdas e melhorar os resultados financeiros de forma objetiva.

Diante dessa realidade, este relatório técnico busca aplicar a Pesquisa Operacional e o Método Simplex para desenvolver um modelo de Programação Linear com o objetivo de otimizar o processo de produção de saltenhas (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). A utilização da ferramenta Solver do Microsoft Excel permite maximizar o lucro da empresa, minimizando desperdícios e otimizando o uso de insumos e mão de obra, respeitando as restrições de capacidade produtiva, demanda estimada e disponibilidade de insumos (ANDRADE, 2012). Com isso, o estudo propõe uma estratégia eficiente para a alocação dos recursos e a projeção de vendas, visando atender à demanda dos consumidores de forma equilibrada e rentável.

Este estudo apresenta uma análise quantitativa de como as ferramentas de Programação Linear (HILLIER; LIEBERMAN, 2013) podem ser aplicadas a pequenos negócios no setor gastronômico, promovendo a sustentabilidade operacional e o aumento da rentabilidade. Além disso, o trabalho busca demonstrar como a otimização dos processos produtivos contribui para a competitividade da empresa, auxiliando no crescimento contínuo em um mercado dinâmico e em expansão.

2 METODOLOGIA

O presente relatório técnico adota um estudo de caso aplicado a uma microempresa produtora de saltenhas artesanais situada em Campo Grande, MS. A pesquisa apresenta abordagem quantitativa, baseada na modelagem matemática para otimização de recursos e tomada de decisão, sendo caracterizada como uma pesquisa empírica e descritiva. A empresa de saltenhas artesanais, fundada em 2017 e objeto deste estudo, é especializada na produção de saltenhas tradicionais da culinária boliviana. Com um portfólio diversificado, a empresa oferece sabores como carne seca, frango, camarão e uma versão vegana, destacando-se pela qualidade e autenticidade de seus produtos (PORTELA, 2020). Além de manter uma forte presença em eventos gastronômicos, a empresa busca constantemente inovação. No entanto, a empresa enfrenta desafios recorrentes, como a projeção de demanda, a alocação eficiente de recursos e a otimização do processo produtivo, especialmente durante períodos de alta demanda, como em eventos. Durante uma sessão de brainstorming com os sócios proprietários, foram obtidos insights valiosos, os quais possibilitaram a discussão dos principais elementos que definem a identidade e a missão do negócio.

Este estudo tem como principal objetivo a construção de um modelo de Programação Linear para maximizar o lucro da empresa, reduzindo desperdícios e otimizando o uso de insumos e mão de obra (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). A Programação Linear foi escolhida por sua eficácia em problemas de alocação de recursos e maximização de lucros (HILLIER; LIEBERMAN, 2013), enquanto o Solver do Excel foi utilizado por sua acessibilidade e capacidade de lidar com modelos de pequeno e médio porte (ANDRADE, 2012).

Conforme descrito por Martins, Mello e Turrioni (2014), o processo de Pesquisa Operacional segue etapas bem definidas, que envolvem a identificação do problema, a construção de um modelo matemático adequado e a validação dos resultados obtidos:

Fluxograma 1 – Etapas da pesquisa operacional aplicada à produção de saltenhas

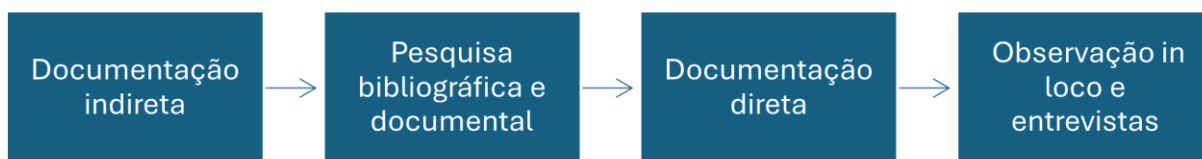


Fonte: Esta pesquisa (2025)

2.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de documentação indireta e documentação direta, garantindo uma base sólida para a modelagem matemática e otimização da produção. Os dados históricos foram obtidos a partir dos registros financeiros e de produção da empresa, com ajustes para eliminar valores atípicos e garantir a consistência das informações.

Fluxograma 2 – Métodos de coleta de dados



Fonte: Esta pesquisa (2025)

2.1.1 Documentação Indireta

A documentação indireta incluiu:

- Pesquisa bibliográfica e documental sobre os principais conceitos aplicados ao estudo, tais como Pesquisa Operacional, Programação Linear, Método Simplex e Solver do Excel.
- Análise de registros históricos da empresa, incluindo volumes de produção e vendas, nos meses de fevereiro, março e abril, durante eventos gastronômicos.
- Estudo de viabilidade econômica, considerando custos de insumos, tempo de produção e taxa de desperdício. Os custos de insumos foram calculados com base em cotações de fornecedores locais, enquanto o tempo de produção foi medido in loco.

2.1.2 Documentação Direta

A documentação direta envolveu:

- Observação in loco do processo produtivo durante eventos gastronômicos (Feira Praça Bolívia e Feira Bosque da Paz).
- Entrevistas não estruturadas com os responsáveis pela produção e comercialização das saltenhas, visando identificar restrições operacionais e desafios

produtivos. As entrevistas revelaram, por exemplo, a dificuldade em prever a demanda para sabores menos populares, como o de camarão.

- Sessão de *brainstorming* com os sócios fundadores, para mapear as principais dificuldades relacionadas à projeção de demanda e planejamento da produção. Durante a sessão, foram levantadas questões como a necessidade de melhorar a gestão de estoques e a logística de entrega.
- A análise do processo produtivo permitiu compreender os tempos médios de produção, a disponibilidade de insumos e a capacidade produtiva diária e mensal.

2.2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO

Com base nos dados coletados, foi elaborado um modelo de Programação Linear, utilizando o Solver do Microsoft Excel. O objetivo principal do modelo é:

- Maximizar o lucro total da empresa.
- Reduzir desperdícios de insumos e tempo produtivo.
- Otimizar a alocação de recursos, respeitando restrições operacionais.

2.2.1 Definição das Variáveis e Restrições

Variáveis de Decisão: Quantidade ideal de produção para cada sabor de saltenha:

- x_1 Quantidade de saltenha de Frango
- x_2 Quantidade de saltenha de Carne Seca
- x_3 Quantidade de saltenha de Camarão
- x_4 Quantidade de saltenha Vegana

Tabela 1 – Custos de Produção por Sabor

Sabor	Custo Total (Lote)	Quantidade Produzida	Custo Unitário
Frango	R\$ 124,80	80	R\$ 1,56
Carne Seca	R\$ 147,42	54	R\$ 2,88
Camarão	R\$ 158,40	18	R\$ 8,80
Vegana	R\$ 69,65	35	R\$ 1,99

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Cada custo unitário inclui matéria-prima, mão de obra e massa utilizada, resultando nos seguintes valores finais:

Os preços de venda foram definidos conforme Tabela 2:

Tabela 2 – Preços de Venda

Sabor	Preço Unitário
Frango	R\$ 14,00
Carne Seca	R\$ 15,00
Camarão	R\$ 20,00
Vegana	R\$14,00

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 3 – Insumo Disponível Mensal

Sabor	Quantidade (kg)
Frango	18,480
Carne Seca	15,876
Camarão	3,618
Vegana	2,345

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 4 – Recheio por unidade

Sabor	Peso (kg)
Frango	0,073
Carne Seca	0,073
Camarão	0,067
Vegana	0,067

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 5 – Demanda Projetada

Sabor	Quantidade
Frango	195
Carne Seca	124
Camarão	35
Vegana	24

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 6 – Capacidade mensal

Sabor	Quantidade
Frango	240
Carne Seca	162
Camarão	54
Vegana	35

Fonte: Esta pesquisa (2025)

2.2.2 Formulação Matemática

A formulação matemática seguiu os princípios da Programação Linear (PL), considerando a maximização do lucro total, sujeita às restrições de produção, demanda e insumos.

- Função Objetivo:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^4 (C_n \cdot X_n) \quad (1)$$

Onde:

Z = Lucro = Preço unitário – Custo:

C_n = Lucro unitário de cada sabor de saltenha;

X_n = Quantidade produzida de cada sabor.

Restrições Consideradas:

- Capacidade Produtiva:

$$X_n \leq \text{Capacidade mensal} \quad (2)$$

Baseada na capacidade máxima de produção mensal

- Projeção de Demanda:

$$X_n \geq \textit{Demanda_estimada}_n \quad (3)$$

Baseada na média histórica de vendas.

- Disponibilidade de Insumos:

$$\sum_{i=1}^4 (\textit{Insumo_necessário} \cdot X_n) \leq \textit{Insumo_disponível} \quad (4)$$

Respeitando a quantidade mensal de ingredientes disponíveis.

Restrições Consideradas:

Capacidade Produtiva: Baseada na capacidade máxima de produção mensal.

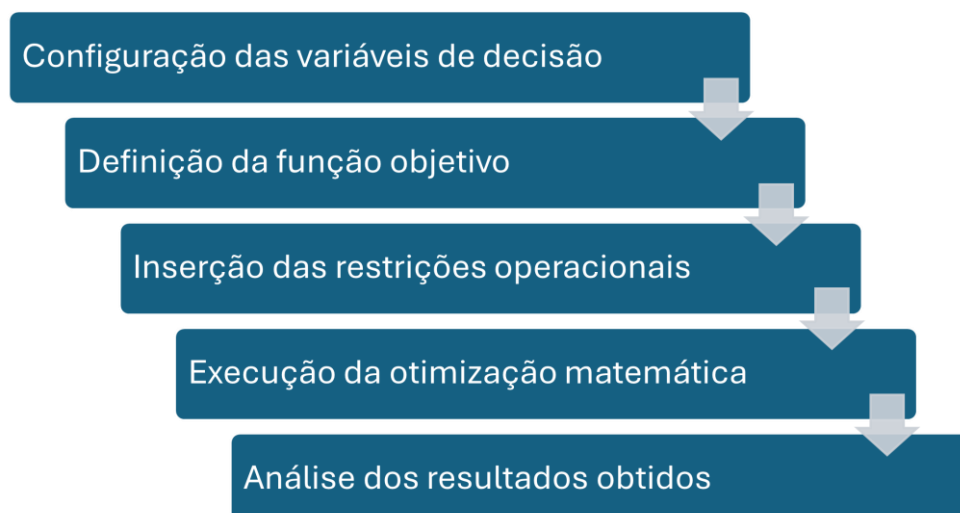
Projeção de Demanda: Baseada nos históricos de vendas nos eventos gastronômicos.

Disponibilidade de Insumos: Quantidade mensal disponível de ingredientes para cada sabor.

2.2.3 Aplicação do Solver no Excel

O modelo foi implementado no Solver do Microsoft Excel, utilizando o Método Simplex.

Fluxograma 3 – Processo de otimização no Solver



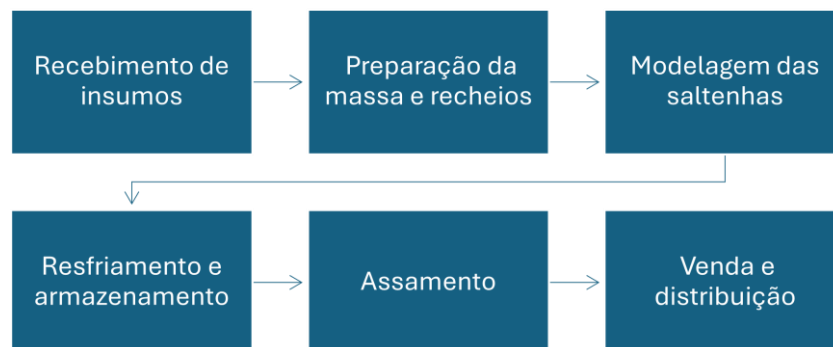
Fonte: Esta pesquisa (2025)

Os parâmetros foram ajustados para garantir que a solução ótima fosse viável e alinhada com as limitações operacionais da empresa.

2.3 MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO

Para entender melhor o funcionamento da empresa, foi elaborado um fluxograma do processo de produção de saltenhas, identificando as etapas críticas.

Fluxograma 4 – Processo produtivo das saltenhas



Fonte: Esta pesquisa (2025)

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A coleta de informações para a presente análise foi conduzida com o propósito de mensurar a demanda comercial e estimar a capacidade produtiva necessária para suprir dois eventos gastronômicos distintos. Para tanto, foram utilizadas metodologias quantitativas, que viabilizaram uma avaliação precisa dos padrões de consumo e da eficiência operacional na produção. As informações obtidas estão sintetizadas na Tabela 7, que apresenta os dados referentes à comercialização de saltenhas.

Tabela 7 – Dados de vendas anteriores

Meses	Eventos	Data do evento	Horário	Venda por sabor				Total de vendas
				Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana	
Fevereiro	Feira Praça Bolívia	09/02/2025	9h às 14h	115	88	23	15	241
	Feira Bosque da Paz	16/02/2025	9h às 15h	97	58	11	10	176
Março	Feira Praça Bolívia	09/03/2025	9h às 14h	92	60	18	10	180
	Feira Bosque da Paz	16/03/2025	9h às 15h	126	70	19	10	225
Abril	Feira Praça Bolívia	13/04/2025	9h às 14h	95	46	14	16	171
	Feira Bosque da Paz	20/04/2025	9h às 15h	59	47	18	10	134

Fonte: Esta pesquisa (2025)

A avaliação do desempenho de vendas de saltenhas ao longo dos meses de fevereiro, março e abril de 2025 permitiu identificar tendências de consumo, comportamento do público e impactos de variáveis externas, como clima e calendário de feriados.

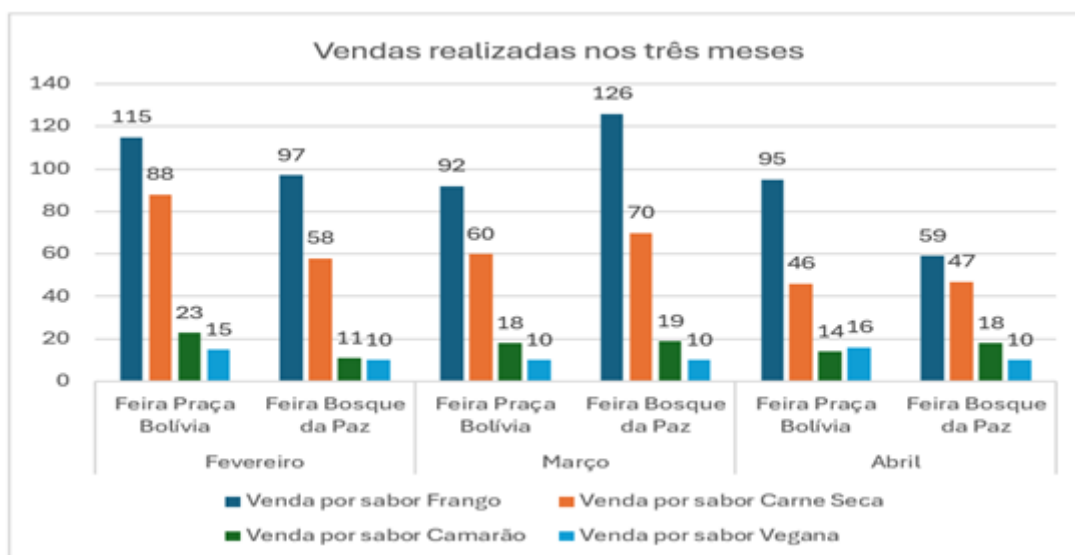
Em fevereiro, observou-se um cenário de vendas relativamente equilibrado entre os sabores, com predominância do sabor Frango, que se destacou nas duas feiras realizadas no mês, atingindo 115 unidades na Praça Bolívia e 97 unidades na Feira Bosque da Paz. O sabor Carne Seca também apresentou bom desempenho, somando 146 unidades no total. Os sabores Camarão e Vegana apresentaram menor volume de vendas (34 e 25 unidades, respectivamente), porém, com uma demanda recorrente, especialmente entre consumidores com restrições alimentares ou preferências específicas. O mês apresentou o maior volume total de vendas do trimestre (417 unidades), o que pode estar associado à estabilidade climática e ao retorno da rotina urbana após o período de férias.

O mês de março foi marcado por um crescimento no volume de vendas do sabor Frango, particularmente na Feira Bosque da Paz, que registrou 126 unidades vendidas desse sabor – o maior valor isolado para um único sabor em todos os eventos analisados.

A Feira Praça Bolívia, embora tenha apresentado leve queda nas vendas de frango, manteve um desempenho estável. Houve também um leve aumento nas vendas dos sabores Camarão (37 unidades totais) e Vegana (20 unidades totais), sugerindo uma tendência de diversificação nas preferências do público consumidor. A somatória mensal atingiu 405 unidades, refletindo uma leve retração de 2,88% em relação a fevereiro, mas ainda dentro de uma margem positiva de desempenho.

Abril apresentou a maior queda no volume de vendas (305 unidades), uma redução de 24,7% em relação ao mês anterior. Esse decréscimo é atribuído, em grande parte, às condições meteorológicas adversas, com fortes chuvas nos finais de semana dos eventos, bem como à ocorrência de feriados prolongados, que possivelmente impactaram a presença de público. Os sabores mais populares, como Frango e Carne Seca, sofreram queda significativa nas vendas (redução de mais de 50% nas vendas de Frango entre março e abril na Bosque da Paz). Apesar da retração geral, os sabores Camarão e Vegana mantiveram seus níveis de venda, com 18 e 26 unidades totais, respectivamente, demonstrando um nicho de mercado fiel, mesmo diante de condições desfavoráveis.

Gráfico I - Comparativo das vendas realizadas nos três meses



Fonte: Esta pesquisa (2025)

Com base nos dados históricos dos meses anteriores e nas tendências observadas, foi realizada a projeção de vendas para os eventos de maio de 2025. Considerando os valores atualizados de venda de cada saltenha, o sabor Frango e a Vegana custam R\$14,00 cada. A saltenha de Carne Seca é comercializada por R\$15,00, refletindo o maior custo

dos ingredientes, e a de Camarão é vendida por R\$20,00, devido ao uso de insumos mais nobres.

Para a Feira Praça Bolívia, a estimativa de vendas é de 101 unidades de Frango, 65 unidades de Carne Seca, 19 unidades de Camarão e 14 unidades de Vegana, totalizando 199 unidades. O valor de venda estimado para este evento é de R\$2.965,00.

Na Feira Bosque da Paz, a expectativa é de 94 unidades de Frango, 59 unidades de Carne Seca, 16 unidades de Camarão e 10 unidades de Vegana, somando 179 unidades. O valor de venda estimado para este evento é de R\$2.661,00.

De maneira consolidada, a projeção total de vendas para o mês de maio é de 378 unidades, gerando um valor de venda estimado de R\$5.626,00. O sabor Frango permanece como o mais procurado, representando 52% das vendas previstas, seguido pela Carne Seca (33%), Camarão (9%) e Vegana (6%).

As projeções refletem uma manutenção da liderança do sabor Frango, bem como uma estabilidade na demanda por sabores alternativos, como o Camarão e a Vegana, reforçando a tendência de diversificação no perfil dos consumidores. A distribuição de vendas também aponta um equilíbrio entre os eventos, com a Praça Bolívia respondendo por 53% do total previsto e a Bosque da Paz por 47%.

Tabela 8 – Estimativa de vendas de saltenhas para maio/25

		Maio/2025 (estimativa atual)			
Sabores	Valor (R\$/unid)	Praça Bolívia	Bosque da Paz	Total	% Venda por sabor
Frango	R\$ 14,00	101	94	195	52%
Carne Seca	R\$ 15,00	65	59	124	33%
Camarão	R\$ 20,00	19	16	35	9%
Vegana	R\$ 14,00	14	10	24	6%
Total		199	179	378	
% de venda por evento		53%	47%		
Total de vendas por evento		R\$ 2.965,00	R\$ 2.661,00	Total de venda	R\$ 5.626,00

Fonte: Esta pesquisa (2025)

3.1 FUNÇÃO OBJETIVO PARA PROJEÇÃO DE MAIO DE 2025 VIA SOLVER

A função objetivo para o planejamento da produção em maio visa maximizar o valor total de vendas de saltenhas durante os eventos Feira Praça Bolívia e Feira Bosque da Paz.

Os preços unitários, conforme atualizados, são: Frango (R\$14,00), Carne Seca (R\$15,00), Camarão (R\$20,00) e Vegana (R\$14,00).

A projeção foi elaborada com base nas tendências de vendas observadas nos meses anteriores, assegurando que a produção seja adequada para atender à demanda projetada para maio.

O objetivo principal é otimizar o mix de produção e vendas, considerando a capacidade de produção e a projeção de demanda para cada sabor nos respectivos eventos.

3.2 RESTRIÇÕES DO MODELO PARA PROJEÇÃO DE MAIO DE 2025 VIA SOLVER

Para assegurar a viabilidade operacional e a eficiência do planejamento de produção, o modelo de projeção para maio adota três categorias principais de restrições: capacidade produtiva, atendimento à demanda projetada por sabor e disponibilidade de insumos.

A capacidade produtiva é limitada pelo tempo efetivamente disponível para produção diária e pelo número de dias úteis no mês. A produção de cada lote de saltenhas deve ser compatível com a capacidade de operação estabelecida, garantindo que o volume produzido esteja dentro dos limites operacionais. A restrição de capacidade é expressa pela fórmula:

$$\text{Capacidade Produtiva} = \left(\frac{\text{Quantidade produzida}}{\text{Tempo diário disponível}} \right) \cdot \text{Dias úteis trabalhados}$$

A demanda específica por sabor foi estimada com base na média das vendas realizadas nos meses de fevereiro, março e abril. Consideram-se variações de público e fatores sazonais que podem influenciar a precisão da projeção, como, por exemplo, o padrão consistente de maior demanda pelas saltenhas de Frango, e a demanda ainda mais restrita pelas saltenhas Veganas, que atendem a um público mais específico.

A disponibilidade de insumos também foi considerada como um fator restritivo para garantir que a projeção de produção respeite a capacidade de aquisição e processamento dos ingredientes utilizados.

Estas restrições são fundamentais para orientar a solução ótima do modelo, assegurando a maximização do valor de vendas sem comprometer a capacidade operacional ou exceder a demanda projetada.

Tabela 9 – Média das demandas em relação a cada sabor

Demanda média obtida			
Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana
195	124	35	24

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Com base na demanda estimada e nos dados internos da empresa, foram determinados os custos de produção unitários e as respectivas margens de lucro unitário para cada tipo de saltenha. As informações consolidadas estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Lucro unitário de cada sabor

	Sabores			
Maio	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana
Média por recheio	195	124	35	24
Preço Unitário	R\$ 14,00	R\$ 15,00	R\$ 20,00	R\$ 14,00
Custo por Unidade	R\$ 1,56	R\$ 2,88	R\$ 8,80	R\$ 1,99
Custo mensal	R\$ 304,20	R\$ 357,12	R\$ 308,00	R\$ 47,76
Lucro Unitário	R\$ 12,44	R\$ 12,12	R\$ 11,20	R\$ 12,01
Lucro mensal	R\$ 2.425,80	R\$ 1.502,88	R\$ 392,00	R\$ 288,24

Fonte: Esta pesquisa (2025)

A restrição relacionada à disponibilidade de insumos foi definida considerando a quantidade total mensal de ingredientes adquiridos (em quilogramas) para a preparação

dos recheios, conforme os pesos padronizados por unidade de saltenha. Para a produção, foram adotados os seguintes valores médios de peso por recheio: Frango e Carne Seca com 0,073 kg/unidade, e Camarão e Vegana com 0,067 kg/unidade. Essa padronização permite um dimensionamento preciso da demanda de insumos, assegurando o planejamento eficiente da produção conforme a projeção de vendas por sabor.

Tabela 11 – Disponibilidade de insumos mensal

Disponibilida de insumos (kg)			
Frango	Carne seca	Camarão	Vegana
18,480	15,876	3,618	2,345

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Após a coleta e sistematização dos dados quantitativos relacionados ao processo produtivo da empresa, foi elaborada uma planilha no software Microsoft Excel, na qual as informações foram organizadas e tratadas com o objetivo de viabilizar a construção do modelo matemático de Programação Linear. A estrutura resultante serviu como base para a modelagem das variáveis de decisão, função objetivo e restrições operacionais, conforme apresentado na Tabela 12, 13, 14 e 15.

Tabela 12 – Coeficientes da Função Objetivo

Produto	Variável	Lucro unitário (R\$)
Saltenha de Frango	x_1	12,44
Saltenha de Carne seca	x_2	12,12
Saltenha de Camarão	x_3	11,20
Saltenha Vegana	x_4	12,01

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 13 – Restrições de demanda

Produto	Variável	Demanda
Saltenha de Frango	x_1	195
Saltenha de Carne seca	x_2	124
Saltenha de Camarão	x_3	35
Saltenha Vegana	x_4	24

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 14 – Restrições de disponibilidade de insumos

Produto	Variável	Insumo (kg)
Saltenha de Frango	0,073	18,480
Saltenha de Carne seca	0,073	15,876
Saltenha de Camarão	0,067	3,618
Saltenha Vegana	0,067	2,345

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 15 – Restrições de capacidade de produção mensal

Produto	Variável	Capacidade
Saltenha de Frango	x_1	240
Saltenha de Carne seca	x_2	162
Saltenha de Camarão	x_3	54
Saltenha Vegana	x_4	35

Fonte: Esta pesquisa (2025)

A Tabela 16 apresenta a modelagem final desenvolvida no Excel para a otimização da produção de saltenhas utilizando Programação Linear, com o objetivo principal de maximizar o lucro total.

Tabela 16 – Modelagem via SOLVER

	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana
Lucro unitário	R\$ 12,44	R\$ 12,12	R\$ 11,20	R\$ 12,01
Variáveis				

Máx Z	R\$ 0,00
-------	----------

	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana	LHS	Sinal	RHS
Demanda específica por sabor	Frango	1	0	0	0	≥	195
	Carne Seca	0	1	0	0	≥	124
	Camarão	0	0	1	0	≥	35
	Vegana	0	0	0	1	≥	24

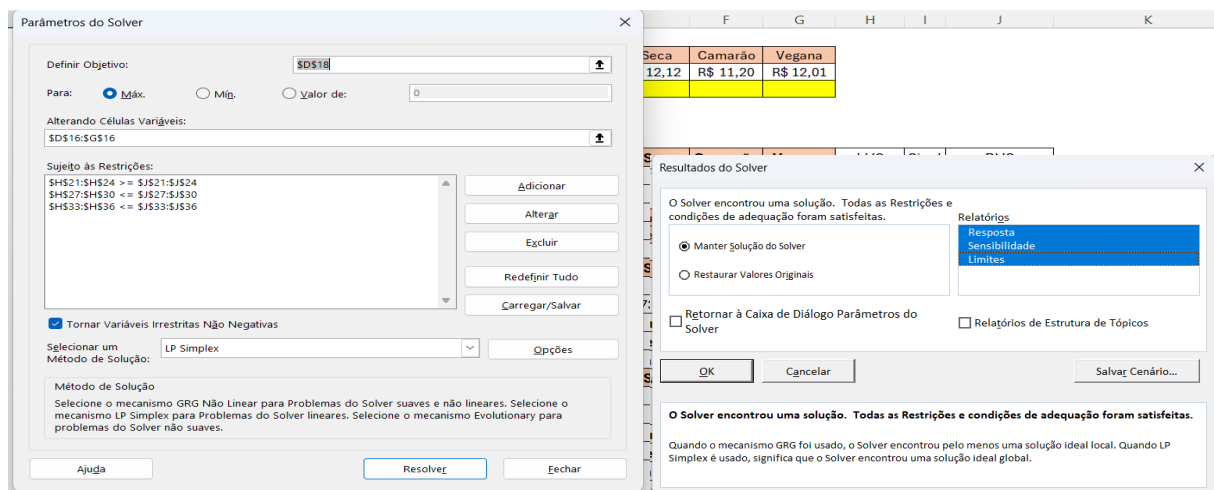
	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana	LHS	Sinal	RHS
Disponibilidade de recheio (kg)	Frango	0,073	0	0	0,000	≤	18,480
	Carne Seca	0	0,073	0	0,000	≤	15,876
	Camarão	0	0	0,067	0	≤	3,618
	Vegana	0	0	0	0,067	≤	2,345

	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana	LHS	Sinal	RHS
Capacidade de produção mensal	Frango	1	0	0	0	≤	240
	Carne Seca	0	1	0	0	≤	162
	Camarão	0	0	1	0	≤	54
	Vegana	0	0	0	1	≤	35

Fonte: Esta pesquisa (2025)

A Tabela 17 ilustra a configuração do Solver no Excel para resolver o modelo de Programação Linear descrito anteriormente na Tabela 16.

Tabela 17 – Aplicando os parâmetros via SOLVER



Fonte: Esta pesquisa (2025)

A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos após a aplicação do Solver, considerando todas as restrições e parâmetros definidos no modelo de Programação Linear. A solução representa a quantidade ideal de saltenhas a ser produzida de cada sabor

para o mês de maio, de forma a maximizar o lucro, respeitando os limites de produção, disponibilidade de recheio e demandas mínimas por sabor.

Tabela 18 – Estimativa de vendas de saltenhas em maio via SOLVER

	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana
Lucro unitário	R\$ 12,44	R\$ 12,12	R\$ 11,20	R\$ 12,01
Variáveis	240	162	54	35
Máx Z	R\$ 5.973,83			

	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana	LHS	Sinal	RHS
Demanda específica por sabor	Frango	1	0	0	240	≥	195
	Carne Seca	0	1	0	162	≥	124
	Camarão	0	0	1	54	≥	35
	Vegana	0	0	0	1	≥	24

	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana	LHS	Sinal	RHS
Disponibilida de recheio (kg)	Frango	0,073	0	0	17,520	≤	18,480
	Carne Seca	0	0,073	0	11,826	≤	15,876
	Camarão	0	0	0,067	3,618	≤	3,618
	Vegana	0	0	0	0,067	≤	2,345

	Frango	Carne Seca	Camarão	Vegana	LHS	Sinal	RHS
Capacidade de produção mensal	Frango	1	0	0	240	≤	240
	Carne Seca	0	1	0	162	≤	162
	Camarão	0	0	1	54	≤	54
	Vegana	0	0	0	1	≤	35

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Com base nos resultados obtidos a partir do modelo de Programação Linear aplicado à produção de saltenhas, é possível realizar uma análise de sensibilidade por meio das Tabelas 19 e 20, que nos permitem entender o impacto de variações nos coeficientes, restrições e quantidades de produção sobre o lucro total da empresa.

Tabela 19 – Relatório de sensibilidade

Células Variáveis						
Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$D\$16	Variaveis Frango	240	0	12,436875	1E+30	12,436875
\$E\$16	Variaveis Carne Seca	162	0	12,12320106	1E+30	12,12320106
\$F\$16	Variaveis Camarão	54	0	11,19722222	1E+30	11,19722222
\$G\$16	Variaveis Vegana	35	0	12,01057143	1E+30	12,01057143

Restrições						
Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$H\$21	Frango LHS	240	0	195	45	1E+30
\$H\$22	Carne Seca LHS	162	0	124	38	1E+30
\$H\$23	Camarão LHS	54	0	35	19	1E+30
\$H\$24	Vegana LHS	35	0	24	11	1E+30
\$H\$27	Frango LHS	17,52	0	18,48	1E+30	0,96
\$H\$28	Carne Seca LHS	11,826	0	15,876	1E+30	4,05
\$H\$29	Camarão LHS	3,618	167,1227197	3,618	4,76064E-16	1,273
\$H\$30	Vegana LHS	2,345	0	2,345	1E+30	0
\$H\$33	Frango LHS	240	12,436875	240	13,15068493	45
\$H\$34	Carne Seca LHS	162	12,12320106	162	55,47945205	38
\$H\$35	Camarão LHS	54	0	54	1E+30	7,10543E-15
\$H\$36	Vegana LHS	35	12,01057143	35	0	11

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Tabela 20 – Relatório de limites

Objetivo		
Célula	Nome	Valor
\$D\$18	Máx Z Fra	R\$ 5.973,83

Variável			Inferior		Objetivo		Superior		Objetivo	
Célula	Nome	Valor	Limite	Resultado	Limite	Resultado	Limite	Resultado	Limite	Resultado
\$D\$16	Variaveis	240	195	5414	240	5974				
\$E\$16	Variaveis	162	124	5513,15	162	5973,83				
\$F\$16	Variaveis	54	35	5761,08	54	5973,83				
\$G\$16	Variaveis	35	24	5841,71	35	5973,83				

Fonte: Esta pesquisa (2025)

A análise dos resultados obtidos mediante a aplicação do Solver, no mês de maio, evidencia uma estratégia de produção orientada à maximização do lucro total, respeitando as restrições de capacidade produtiva e disponibilidade de insumos.

A solução ótima propôs a produção de 240 unidades de saltenhas de frango, 162 de carne seca, 54 de camarão e 35 veganas, atendendo às demandas mínimas projetadas para cada sabor. O lucro unitário calculado foi de R\$ 12,44 (frango), R\$ 12,12 (carne seca), R\$ 11,20 (camarão) e R\$ 12,01 (vegana), totalizando um lucro máximo estimado em R\$ 5.973,83.

Segundo o Relatório de Respostas, todas as variáveis foram tratadas como inteiras, e nenhuma restrição foi violada, com destaque para o uso total do insumo de camarão (3,618 kg) e da capacidade máxima mensal de produção para todos os sabores. A margem de atraso indica que os demais sabores ainda tinham folga de produção, especialmente o frango (com 45 unidades acima da demanda mínima).

Do ponto de vista econômico, frango e carne seca foram os sabores que mais contribuíram para o resultado, não apenas pelo valor unitário, mas também pelo maior volume permitido pelo modelo. Já os sabores camarão e vegana, embora com menor impacto no valor absoluto, foram mantidos como estratégia de diversificação para atender nichos específicos de consumidores.

A análise de sensibilidade revelou que o sabor camarão possui um preço sombra de R\$ 167,12 relacionado ao insumo, o que indica que um pequeno aumento na sua disponibilidade poderia elevar significativamente o lucro total. Além disso, os limites estabelecidos no relatório de limites confirmam que as variáveis frango, carne seca e camarão estão no teto máximo de produção permitido, reforçando que a solução está totalmente otimizada dentro das condições disponíveis.

Portanto, o modelo de otimização aplicado não apenas garante o uso eficiente dos recursos e o cumprimento das restrições operacionais, mas também posiciona a empresa de forma estratégica no competitivo mercado de saltenhas artesanais. Ao basear as decisões em um método matemático comprovadamente viável, a empresa ganha agilidade na produção, precisão no planejamento e flexibilidade para se adaptar a diferentes cenários. Esse nível de controle e otimização permite que a empresa maximize seu lucro, alocando recursos de forma mais eficaz e identificando oportunidades de aumento de margem. Além disso, a replicabilidade do modelo assegura que essa vantagem competitiva possa ser mantida e escalada em futuros ciclos de produção,

consolidando a empresa como referência em gestão eficiente e lucrativa no setor. Com esse modelo, a empresa não só melhora suas operações, mas também fortalece sua posição no mercado, garantindo um crescimento sustentável e um desempenho superior a longo prazo.

3.3 VALIDAÇÃO DO MODELO

Para garantir a confiabilidade da solução proposta, foi realizada uma análise comparativa entre os resultados obtidos pelo Solver e os dados históricos da empresa.

3.3.1 Teste de Otimização

O teste de otimização consistiu na comparação entre os resultados do modelo matemático e os dados reais da empresa, garantindo que as soluções propostas fossem executáveis na prática.

3.3.2 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade avaliou as variações nos parâmetros do modelo e seus impactos na produção e lucratividade, permitindo testar cenários alternativos e ajustes estratégicos.

3.3.3 Revisão e Ajuste dos Resultados

Após a validação inicial, foram realizados ajustes no modelo, considerando possíveis restrições adicionais e refinando a análise para garantir a aplicabilidade prática da otimização.

3.4 LIMITAÇÕES DO MODELO

Apesar dos resultados expressivos alcançados, é importante reconhecer algumas limitações do modelo desenvolvido. Primeiramente, ele parte da suposição de que os custos de produção e a demanda permanecem constantes ao longo do mês, o que pode não refletir adequadamente variações sazonais ou imprevistos no mercado. Além disso, o modelo não considera possíveis atrasos na entrega de insumos ou flutuações nos preços, fatores que podem impactar diretamente a viabilidade operacional e financeira.

3.5 PRÓXIMOS PASSOS

Como forma de aprimorar a aplicação prática e a robustez do modelo, propõem-se os seguintes próximos passos:

Incorporar variáveis estocásticas, de forma a lidar com incertezas relacionadas à demanda e aos custos de insumos;

Integrar o modelo a um sistema de gestão empresarial (ERP), permitindo automatizar a coleta de dados, simulações periódicas e a geração de relatórios de apoio à decisão.

A metodologia adotada demonstrou ser eficaz para desenvolver um modelo robusto e alinhado às reais condições da empresa. Sua implementação possibilita:

- 1 Tomada de decisão estratégica com base em dados concretos;
- 2 Aumento da rentabilidade e da eficiência produtiva;
- 3 Redução de desperdícios e melhor alocação de recursos.

Dessa forma, este estudo não apenas entrega uma solução técnica, mas também fornece uma ferramenta gerencial poderosa, que contribui para a sustentabilidade e o crescimento da empresa no mercado de saltenhas artesanais.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a viabilidade da aplicação de técnicas de Programação Linear, por meio do Solver do Microsoft Excel, na otimização da produção de uma microempresa do setor de alimentos artesanais. A utilização do modelo matemático permitiu maximizar o valor de vendas e, simultaneamente, minimizar o desperdício de insumos, respeitando as restrições operacionais de capacidade produtiva, projeção de demanda e disponibilidade de matérias-primas.

A análise dos dados históricos de vendas nos meses de fevereiro, março e abril possibilitou a elaboração de projeções assertivas para o mês de maio, sustentando a definição de uma estratégia de produção mais eficiente. Os resultados da otimização apontaram para uma alocação equilibrada dos recursos, com destaque para os sabores Frango e Carne Seca, que apresentaram as maiores contribuições para o valor total estimado de vendas, sem negligenciar a importância estratégica dos sabores Camarão e Vegana no portfólio da empresa.

Adicionalmente, a pesquisa reforça o potencial da Pesquisa Operacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão em micro e pequenos negócios, especialmente no contexto da gastronomia local e eventos sazonais. O modelo proposto é de fácil replicação e pode ser adaptado a outros cenários, contribuindo para o fortalecimento da gestão produtiva e para o crescimento sustentável da empresa.

Portanto, conclui-se que a adoção de métodos quantitativos e ferramentas acessíveis, como o Excel Solver, pode promover melhorias significativas na eficiência operacional, na rentabilidade do negócio e na satisfação da demanda do mercado, reforçando a competitividade da empresa no segmento de alimentos artesanais.

REFERÊNCIAS

GIMENES-MINASSE, M.H.S.G. *Atrativos gastronômicos da cidade de São Paulo (SP): uma análise preliminar*. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2014.

GOMES, AP.W.; DUARTE, E.M.G.; DIAS, E.S.; FONSECA, K.M.P. da; GALVÃO, M.R. *A importância de festivais de gastronomia como estratégia de desenvolvimento em pequenas comunidades rurais*. Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo, v. 13, n. 3, p. 74–95, 2019.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. *Introdução à pesquisa operacional*. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

ANDRADE, E.L. de. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

PORTELA, A. *Saltenha de camarão com moranga é aposta de casal para driblar crise*. Campo Grande News, Campo Grande, 11 maio 2020. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/lado-b/sabor/saltenha-de-camarao-com-moranga-e-aposta-de-casal-para-driblar-crise>. Acesso em: 26 abr. 2025.

MARTINS, R.A.; MELLO, C.H.P.; TURRIONI, J.B. *Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção*. São Paulo: Atlas, 2014.