



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023

Programação Linear: Um estudo de caso sobre a montagem de cestas básicas

Amanda Gaya da Silva

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Ezequiel dos Santos Heinle

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Steffany de Souza Barrados

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Diego Milnitz

Administração Geral e Aplicada – Universidade Federal do Paraná - UFPR

Resumo: A Pesquisa Operacional (PO) é uma disciplina valiosa que auxilia na tomada de decisões empresariais, empregando modelos matemáticos para desvendar e resolver problemas complexos. Este artigo se concentra na aplicação prática da PO, mais especificamente na programação linear, para a montagem otimizada de cestas básicas. O intuito é aprimorar o processo de montagem com o objetivo de minimizar os custos, permitindo assim a doação de um volume maior de cestas básicas. Por meio de uma análise minuciosa utilizando técnicas da PO, almeja-se incrementar o número de cestas doadas e fortalecer o compromisso social da empresa. A eficiência operacional e a responsabilidade social são percorridas em paralelo, gerando benefícios tanto para a organização quanto para as comunidades que se beneficiam dessas doações.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional, Programação Linear, Cestas Básicas, Otimização, Responsabilidade Social.

Linear Programming: A case study on food parcel assembly

Abstract: Operational Research (OR) is a valuable tool for decision-making in companies, using mathematical models to solve complex problems. This article focuses on the practical application of OR, specifically linear programming, in the assembly of basic baskets. The goal is to optimize the assembly process, aiming at cost reduction and enabling the donation of a larger volume of basic baskets. Through a detailed investigation using OR techniques, it is expected to increase the number of donated baskets and reinforce the company's social commitment. Operational efficiency and social responsibility go hand in hand, providing benefits for both the organization and the communities that depend on these donations.

Keywords: Operational Research, Linear Programming, Basic Baskets, Optimization, Social Responsibility.

1. Introdução

O termo pesquisa operacional remete às origens da área, em suma seu principal objetivo era a gestão eficiente de operações (tipicamente de logística militar). No entanto o avanço metodológico e computacional paralelo às demandas de outras áreas fez com que a Pesquisa Operacional expandisse seu campo de atuação. Nesse contexto, através da modelagem matemática e algoritmos computacionais a PO auxilia as tomadas de decisões em vários aspectos em problemas complexos, permitindo a decisão assertiva e um sistema de construção mais produtivo e eficiente.

Em um mundo empresarial cada vez mais competitivo e desafiador, a otimização e a redução de custos e inventários tornam-se necessárias para o sucesso de qualquer organização. Nesse contexto, a Pesquisa Operacional surge como uma ferramenta valiosa para auxiliar as empresas em suas tomadas de decisões, utilizando modelos matemáticos para resolver problemas complexos da vida real. Este artigo tem como foco a aplicação prática da Pesquisa Operacional, especificamente da programação linear, no âmbito da montagem de cestas básicas.

A montagem de cestas básicas é uma atividade crucial para atender às necessidades das comunidades em situação de vulnerabilidade social. Recentemente, uma doação de 15 toneladas de cestas básicas foi realizada por uma empresa situada na cidade de Itajaí/SC, demonstrando seu comprometimento social. No entanto, essa pesquisa busca otimizar esse processo de montagem, visando a redução de custos para possibilitar a doação de um maior volume de cestas básicas, perdurando o orçamento anterior. O objetivo central deste estudo é aumentar a quantidade de cestas doadas dentro das restrições atuais em relação à doação anterior, através de uma investigação detalhada utilizando técnicas da pesquisa operacional.

Assim, este trabalho se insere em um cenário no qual a eficiência operacional e a responsabilidade social caminham simultaneamente, proporcionando benefícios tanto para a organização quanto para as comunidades que dependem dessas doações. Com base na análise das técnicas de pesquisa operacional aplicadas à montagem de cestas básicas, espera-se otimizar o custo para o aprimoramento desse processo, permitindo à empresa aumentar sua capacidade de doação futura e reforçar seu compromisso com a comunidade, oferecendo uma maior quantidade de cestas básicas, desta forma abrangendo uma maior margem de pessoas.

Este artigo está dividido em quatro seções. A primeira seção introduz o conceito de Pesquisa Operacional e sua aplicação no mundo empresarial. A segunda seção discute a importância da montagem de cestas básicas e como a PO pode otimizar esse processo. A terceira seção apresenta os resultados da nossa pesquisa. Finalmente, a quarta seção oferece uma conclusão e sugestões para pesquisas futuras

2. Metodologia

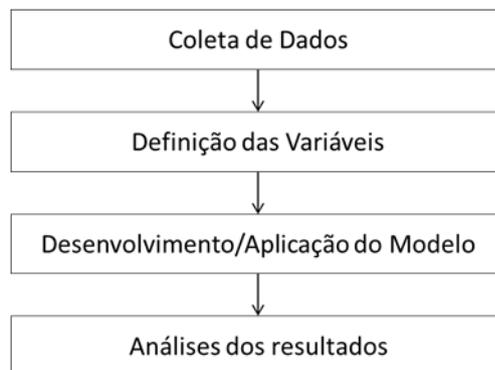
Este estudo possui uma natureza experimental, pois adota uma abordagem quantitativa e emprega modelos matemáticos para orientar a pesquisa, conforme descrito por Creswell (1994). O método de pesquisa escolhido é um estudo de caso, aplicado a uma empresa localizada em Itajaí-SC.

A motivação para esta escolha é a intenção de otimizar a produção de cestas básicas, mantendo o mesmo orçamento da doação anterior. Considerando que foi criada uma nova cesta com itens de menor custo de cada mercado, essa nova configuração de cestas ideais não acarreta custos adicionais, pois é um trabalho voluntário. Isso contrasta com a abordagem inicial, onde o custo da embalagem e montagem estava incluso no valor de cada cesta.

Um estudo detalhado desta situação fornece as bases necessárias para responder às questões propostas e atingir os objetivos estabelecidos.

Na figura 1 consta a estruturação com as etapas que foram executadas para a realização da pesquisa, essa estruturação facilita a condução do trabalho pois organiza as atividades que precisam ser exercidas.

Figura 1 – Estruturação das etapas



Fonte: (Milnitz e Luna 2016)

A coleta de dados, uma etapa crucial para o estudo, foi realizada nas instalações da empresa em questão. Este processo foi dividido em duas fases distintas para garantir uma abordagem abrangente e detalhada.

Na primeira fase, foram realizadas entrevistas com o grupo de pessoas diretamente envolvidas no processo de montagem das cestas básicas. Esta etapa permitiu uma compreensão profunda das operações diárias e dos desafios enfrentados pelos funcionários no terreno.

A segunda fase envolveu um exame minucioso dos documentos disponíveis e a coleta de informações nos sistemas de informação da empresa. Esta etapa permitiu a obtenção de uma visão mais ampla do funcionamento interno da empresa e dos processos envolvidos na montagem das cestas básicas.

Com a conclusão dessas duas fases, foi possível reunir um conjunto robusto e detalhado de dados para análise posterior. Este processo meticuloso garante que as conclusões tiradas sejam bem fundamentadas e reflitam com precisão a realidade da empresa. A análise desses dados seguirá em breve.

Depois de entender completamente a situação atual e coletar todas as informações necessárias, passamos para a fase de definição das variáveis do problema de produção

das cestas básicas. Isso inclui as variáveis de decisão, a função objetivo e as restrições do problema.

Tabela 1 - Dados coletados

ITEM / FORNECEDOR	KG	\$ POR Kg	VALOR REAL	QUANTIDADE	TOTAL
SANTA CATARINA					
MERCADO A	12,5	R\$ 5,91	R\$ 73,90	65	R\$ 4.803,50
MERCADO B	8	R\$ 6,25	R\$ 49,99	10	R\$ 499,90
MERCADO C	14	R\$ 5,36	R\$ 75,00	600	R\$ 45.000,00
MERCADO D	13	R\$ 5,53	R\$ 71,90	50	R\$ 3.595,00
Total				725	R\$ 53.898,40

Fonte: desenvolvido pelos autores

As variáveis de decisão são os elementos que podemos controlar ou ajustar para otimizar o resultado. A função objetivo é a métrica que estamos tentando maximizar ou minimizar. As restrições são as limitações ou requisitos que devem ser atendidos no processo de produção.

Para estruturar esses componentes, utilizamos a fórmula geral da programação linear, conforme apresentado por Goldberg e Luna (2000). Esta fórmula pode ser expressa em sua forma simplificada como:

Figura 2 – Função para otimização

Otimizar:

$$x_0 = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

Fonte: desenvolvido pelos autores

3. Referencial Teórico

Uma das épocas mais esperadas pelas empresas é o Natal. Isso porque possuem planos estratégicos completos voltados especificamente para vender e atrair novos clientes. Também existe intensa concorrência entre esses clientes. e empresas que oferecem os melhores produtos Prazo de entrega e o preço em particular, conquistará esses clientes no final.

Para corroborar o parágrafo anterior, segue abaixo uma revisão bibliográfica próxima ao tema deste trabalho, sendo algumas dessas revisões muito alinhadas com a cesta básica ou nutritiva. No artigo apresentado no II congresso Brasileiro de Engenharia de produção intitulado "Um modelo ótimo de cesta básica: Introdução à contabilidade econômica – famílias", os autores Macedo et al. (2012) utilizar a programação linear para responder à seguinte questão: é possível otimizar a renda das famílias mais desfavorecidas utilizando a programação linear? O objetivo principal do estudo é analisar a programação linear como ferramenta para maximizar a renda real das famílias via minimização de custos, sem modificar o consumo para satisfazer necessidades fisiológicas mínimas.

Os autores Gaudêncio et al. (2014) propõe, através da programação linear, encontrar as porções necessários de alimentos contidas na cesta básica nacional para cobrir as necessidades de um assalariado adulto, durante um mês de trabalho, minimizando o seu custo e, ao mesmo tempo, maximizando ingestão diária de nutrientes.

Portanto, este artigo justifica-se por apresentar um modelo de programação linear aplicado à produção de cestas de Natal com fins de gerenciamento e controle dos produtos sazonais e perecíveis que compõem as cestas de Natal, bem como uma ferramenta que auxilia as áreas estratégicas da empresa em relação à produção, controle e entrega de cestas de Natal.

4. Pesquisa de Campo e Resultados

A empresa em questão, localizada na região sul de Santa Catarina, é uma novata no mercado com apenas cinco anos de atuação desde sua fundação em 2018. Sua missão é dedicada a iniciativas sociais, fornecendo assistência a comunidades vulneráveis através da distribuição de cestas de alimentos essenciais.

No decorrer deste ano, a empresa doou 725 cestas para as comunidades, totalizando um gasto de R\$ 53.898,40. Este valor foi meticulosamente calculado e analisado neste artigo. O principal objetivo desta análise é aumentar o número de cestas produzidas, mantendo o mesmo orçamento de R\$ 53.898,40.

Tabela 2 – Lista de ingredientes dos mercados

Mercado A	Valor
2 kg de açúcar refinado	R\$ 8,90
2kg de arroz	R\$ 9,98
1 kg de farinha de milho	R\$ 5,95
1 kg de farinha de trigo	R\$ 5,37
1 kg de feijão preto	R\$ 6,50
1 kg de sal refinado	R\$ 1,57
1 un. De biscoito 350g	R\$ 5,50
2 un. De suco em po	R\$ 1,25
1 un. De óleo de soja	R\$ 5,69
1 sardinha	R\$ 5,50
500g de café	R\$ 10,97
500 g de macarrão	R\$ 4,79
Embalagem	R\$ 1,93
Total	R\$ 73,90

Mercado C	Valor
2 açúcar 1kg	R\$ 8,00
1 feijão 1kg	R\$ 4,49
1 óleo de soja 900ml	R\$ 4,99
1 mac espaguete 500g	R\$ 4,19
2 leite 1L	R\$ 3,59
2 arroz 1kg	R\$ 10,99
1 trigo 1kg	R\$ 4,59
1 Café 500 Kg	R\$ 13,40
1 biscoito 200g	R\$ 2,39
1 molho 300g	R\$ 6,20
1 pote doce 300g	R\$ 5,89
1 sal 1kg	R\$ 2,99
Embalagem	R\$ 3,29
Total	R\$ 75,00

Mercado B	Valor
1 açúcar 1kg	R\$ 6,25
1 kg de sal refinado	R\$ 2,49
1kg de arroz	R\$ 5,29
1 kg de farinha de madioca	R\$ 5,50
1 kg de farinha de milho	R\$ 5,95
1 kg de feijão preto	R\$ 5,45
500 g de macarrão	R\$ 4,45
1 biscoito waffer 100g	R\$ 3,49
1 un. De óleo de soja	R\$ 5,55
Embalagem	R\$ 5,57
Total	R\$ 49,99

Mercado D	Valor
1 açúcar 1kg	R\$ 4,68
1kg de arroz	R\$ 5,98
1 biscoito 400g	R\$ 8,78
1 Café 500g	R\$ 14,78
1 kg de farinha de madioca	R\$ 5,50
1 kg de farinha de milho	R\$ 2,38
1 kg de farinha de trigo	R\$ 3,98
1 kg de feijão preto	R\$ 6,95
500 g de macarrão	R\$ 4,38
1 un. De óleo de soja	R\$ 5,98
Embalagem	R\$ 8,51
Total	R\$ 71,90

Fonte: desenvolvido pelos autores

Para alcançar este resultado, foi utilizada a ferramenta SOLVER de programação linear no software EXCEL, uma plataforma amplamente utilizada para planilhas, cálculos, tabelas e gráficos.

Ao analisar a tabela anterior, nota-se uma variação entre as cestas, pois algumas continham mais itens e produtos diferentes. Identificou-se então o primeiro problema: a falta de padrão na montagem das cestas. Portanto, foi sugerida uma cesta padrão com os itens de menor custo entre os quatro mercados pesquisados.

Para isso, compilou-se uma tabela comparativa entre os mercados e listou-se os itens com o menor preço. Assim, foi proposta uma quinta cesta padronizada. Ao contabilizar e tabelar os preços, chegaram-se aos seguintes resultados que estão apresentados na tabela 2.

A equipe de pesquisa conduziu uma análise meticulosa das listas de alimentos dos mercados A, B, C e D, levando em consideração o preço individual de cada item. Os dados coletados revelaram diferenças significativas nos preços entre os diferentes fornecedores. Este foi um dos principais aspectos analisados para a correção da montagem das cestas, pois a seleção dos itens estava sob o controle dos fornecedores e não da empresa responsável pela ação social.

Por exemplo, o preço do açúcar variou de R\$ 4,68 no Mercado D para R\$ 8,90 no Mercado A. Essas variações de preço tiveram um impacto considerável no custo total das cestas básicas e, conseqüentemente, na quantidade de cestas que poderiam ser produzidas dentro do orçamento estabelecido.

Portanto, a análise dessas variações de preços é essencial para otimizar o processo de montagem das cestas básicas. Com base nesta análise detalhada da tabela de preços dos mercados, a equipe concluiu que a cesta básica ideal seria composta pelos seguintes itens:

Tabela 3 – Cesta básica ideal

Cesta ideal	Valor
2 kg Arroz	R\$ 9,98
1 kg Feijão	R\$ 4,49
1 un. Óleo	R\$ 4,99
1kg sal	R\$ 1,57
1 kg açúcar	R\$ 4,00
500g café	R\$ 10,97
500g macarrão	R\$ 4,79
500g fubá	R\$ 2,38
Embalagem	R\$ 1,93
Total	R\$ 45,10

Fonte: desenvolvido pelos autores

Neste estudo, foi empregado o algoritmo solver, um suplemento do Excel que resolve problemas de otimização linear e não linear. Este método é amplamente empregado em pesquisa operacional para encontrar a solução ideal de um modelo matemático. O Solver pode lidar com problemas que envolvem até 200 variáveis de decisão, 100 restrições implícitas e 400 restrições simples.

Neste caso específico, o Solver foi usado para otimizar a produção de cestas, seguindo um padrão predefinido. O processo de otimização foi orientado por uma função objetivo, que pode ser a maximização ou minimização do problema, dependendo do objetivo em questão. Além disso, o processo foi limitado por várias restrições, que podem ser entendidas como limitadores das combinações possíveis de valores e/ou variáveis. Os detalhes dessas restrições são apresentados a seguir:

Função Objetivo: A função objetivo foi definida como o produto do valor total e a quantidade de cestas produzidas, representada matematicamente como:

$$F(x) = \text{valor total} * \text{quantidade de cestas}$$

Restrição 01: A primeira restrição impõe que a soma total de todas as cestas produzidas não deve exceder R\$ 53.898,40. Este valor representa o custo total que a empresa incorreu na produção de cestas anteriores. Matematicamente, isso pode ser expresso como:

$$\sum \text{cestas} \leq 53.898,40$$

Restrição 02: A segunda restrição estipula que o número total de cestas produzidas deve ser maior que 725, que é o total de cestas produzidas anteriormente. Isso pode ser representado matematicamente como:

$$\text{total de cestas} \geq 725$$

Restrição 03: A terceira restrição é uma condição universalmente aceita em problemas de otimização, afirmando que todos os valores devem ser positivos. Isso é expresso matematicamente como valor ≥ 0 para todos os valores considerados no problema.

Essas restrições e a função objetivo formam a base do nosso modelo de otimização e orientam o processo de tomada de decisão para alcançar a solução ideal.

Com base nesses dados, o grupo de pesquisa efetuou o cálculo no Solver:

Tabela 4 – Equação do solver (cesta ideal)

Cesta ideal	1195,086475		
Obj	R\$ 53.898,40		
Restrição 01	R\$ 53.898,40	<=	R\$ 53.898,40
Restrição 02	1195,086475	>=	725
Restrição 03	1195,086475	>=	0

Fonte: desenvolvido pelos autores

No contexto do Solver, foi obtido um resultado de 1195 cestas, respeitando o limite estabelecido pela primeira restrição. A formulação matemática utilizada foi a seguinte: Seja X1 o valor da cesta básica ideal.

Função Objetivo: A função objetivo foi definida como o produto de X1 e 45,10. Matematicamente, isso pode ser expresso como:

$$F(X1) = X1 * 45,10$$

Restrição 01: A primeira restrição impõe que o produto de X1 e 45,10 não deve exceder R\$ 53.898,40. Isso pode ser representado matematicamente como:

$$X1 * 45,10 \leq 53.898,40$$

Restrição 02: A segunda restrição estipula que X1 deve ser maior ou igual a 725. Isso pode ser representado matematicamente como:

$$X1 \geq 725$$

Restrição 03: A terceira restrição é uma condição universalmente aceita em problemas de otimização, afirmando que todos os valores devem ser positivos. Isso é expresso matematicamente como:

$$X1 \geq 0$$

Essas restrições e a função objetivo formam a base do nosso modelo de otimização e orientam o processo de tomada de decisão para alcançar a solução ideal.

5. Conclusões

A análise dos dados coletados revela uma série de *insights* interessantes sobre a produção de cestas básicas na empresa em estudo. Através do uso da ferramenta SOLVER de programação linear, foi possível otimizar a produção de cestas, mantendo o mesmo orçamento de R\$ 53.898,40.

A decisão de criar uma cesta padrão com itens de menor custo entre os 4 mercados resultou na criação de uma quinta cesta. Esta estratégia permitiu maximizar a quantidade de cestas produzidas sem aumentar o orçamento.

Os dados coletados também destacam as diferenças de preços entre os diferentes fornecedores. Por exemplo, o preço do açúcar varia de R\$ 4,68 no mercado D para R\$ 8,90 no mercado A. Essas diferenças de preços podem ter um impacto significativo no custo total das cestas e, portanto, na quantidade de cestas que podem ser produzidas dentro do orçamento.

Em conclusão, a análise dos dados e a aplicação da programação linear permitiram otimizar a produção de cestas básicas na empresa em estudo. Isso demonstra o valor da coleta e análise de dados detalhados, bem como o uso de ferramentas analíticas avançadas para informar a tomada de decisões empresariais. A empresa agora está em uma posição melhor para maximizar seu impacto social, fornecendo o maior número possível de cestas básicas à comunidade.

A implementação da nova cesta padrão resultou em um aumento significativo na quantidade de cestas produzidas. Com o mesmo orçamento de R\$ 53.898,40, a empresa agora é capaz de produzir 1195 cestas, um aumento de 470 cestas em comparação com a quantidade original de 725.

Este aumento na produção tem um impacto direto e positivo na comunidade que a empresa atende. Com mais 470 cestas disponíveis, a empresa pode alcançar um número maior de

famílias em condições de fragilidade, fornecendo-lhes alimentos essenciais para a subsistência. Isso demonstra como uma análise cuidadosa dos custos e a otimização dos recursos podem resultar em melhorias significativas na eficiência operacional e no impacto social de uma organização.

Portanto, a decisão de criar uma cesta padrão com itens de menor custo entre os 4 mercados provou ser uma estratégia eficaz para maximizar o uso do orçamento disponível e aumentar o número de cestas produzidas. Isso reforça o valor da coleta e análise de dados detalhados, bem como o uso de ferramentas analíticas avançadas para informar a tomada de decisões empresariais.

Referências

CRESWELL, J. W. Research design: qualitative & quantitative approaches. London: Sage, 248 p. 1994.

GAUDENCIO, Juliana H. D. et al. As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro. Pesquisa Operacional Aplicada aos Valores Diários de Nutrição, 10, 11 e 12 Novembro 2014.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

MACEDO, Joel D. J. et al. II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Um modelo de cesta básica ótima de alimentos: Uma introdução a contabilidade econômica -Famílias, Ponta Grossa, 28 a 30 Novembro, 2012.

MILNITZ, D.; LUNA, M. M. M. Alocação física de produtos em transportadoras por meio da aplicação da ferramenta de programação linear em uma empresa do setor têxtil. Exacta (Online), v. 14, p. 197-205, 2016.