

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO MIX DE PRODUÇÃO UTILIZANDO O MÉTODO SIMPLEX: UM ESTUDO DE CASO DE UMA CONFECÇÃO DE MODA ÍNTIMA DO MUNICÍPIO DE CORDEIRO – RJ

Marcos dos Santos (CASNAV) marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Isis Coelho Lima (SENAI CETIQT) lima.isis@gmail.com

Alexandre Camacho Paixão (UFF) alexandrecpaixao@yahoo.com.br

Fabrcio da Costa Dias (UFF) fcdias@yahoo.com

Marcone Freitas dos Reis (SENAI CETIQT) marconfreis11@gmail.com

Resumo: No âmbito da Pesquisa Operacional (PO), a Programação Linear (PL) caracteriza-se como uma técnica de otimização voltada para a solução de modelos descritos por equações lineares, beneficiando-se da capacidade crescente de processamento dos computadores. O artigo em tela apresenta um problema de programação linear (PPL) clássico, formulado a partir de informações da indústria têxtil. Nesse sentido, o objetivo do trabalho é propor um mix de produção que maximize as receitas de uma confecção de moda íntima feminina localizada na Região Serrana do Rio de Janeiro, a partir de uma dada quantidade de insumos disponíveis. Comparando-se a prática atual da empresa e o cenário proposto pelo modelo, otimizado por meio do Método Simplex, verificou-se uma melhora no balanço anual da confecção da ordem de 9,3%, que, no ano de 2015, iria de R\$161.223,53 para R\$176.219,31. Palavras-chave: Método Simplex; Otimização; Moda Feminina; Mix de Produção.

Abstract: As part of the Operations Research (OR), Linear Programming (LP) is characterized as an optimization technique aimed at solving models described by linear equations, benefiting from the increasing processing power of computers. The article in screen gives a linear programming problem (LPP) classic, formulated from information from the textile industry. In this sense, the objective is to propose a production mix to maximize revenues from a female underwear factory located in the mountainous region of Rio de Janeiro, from a given amount of available inputs. Comparing the current practice of the company and the scenario proposed by the model, optimized by the Simplex Method, there was an improvement in the annual report of the order of 9.3%, which, in 2015, would R\$161,223.53 to R\$176,219.31.

Keywords: Simplex Method; Optimization; Womenswear; Production Mix

1. Introdução

A Região Serrana do Rio de Janeiro (cidade de Nova Friburgo e municípios adjacentes) é considerada a capital nacional da moda íntima, pois nela estão presentes mais de 1.000 fábricas de lingerie, que juntas produzem cerca de 125 milhões de peças por ano, representando 25% da produção nacional. Desse total, 14% das empresas do pólo trabalham com exportação, principalmente para os Estados Unidos, Portugal, Argentina e Uruguai. Assim sendo, a atividade têxtil juntamente com o turismo são as principais atividades econômicas da região, que geram milhares de empregos diretos e indiretos.

No entanto, devido à entrada de produtos têxteis estrangeiros (mormente oriundos da China) e devido à crise política-econômica brasileira agravada no ano de 2015, a referida localidade viu desaparecer 1.901 postos de trabalho, segundo números oficiais do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED. Dentro deste contexto conturbado e competitivo, as empresas brasileiras do setor têxtil precisam se reinventar todos os dias a fim de que sobrevivam no mercado, por meio de processos mais enxutos e/ou otimizados.

O objetivo desse trabalho é apresentar um “mix de produção ótimo” para uma fábrica de peças íntimas femininas de médio porte, localizada no município de Cordeiro, visando maximizar as receitas da empresa a partir da matéria-prima disponível, ou seja, sem investimentos significativos por parte da empresa.

2. Justificativa

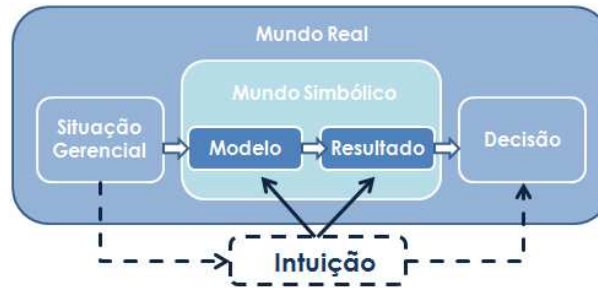
O uso da PO na solução do problema apresentado neste trabalho, justifica-se pelo fato de ela ser uma ciência composta por inúmeras técnicas e modelos intrinsecamente relacionados com a otimização de sistemas produtivos, ou seja, produzir mais e melhor a partir de uma dada quantidade de insumos. Assim sendo, a PO é uma ferramenta de otimização por excelência.

Hiller e Liberman (2006) afirmam que a PO é a uma ciência baseada em modelos que visam programar e coordenar as operações de uma organização. Ela trabalha analisando as variáveis e as restrições de um determinado problema real, com a finalidade de encontrar uma solução que atinja a determinado objetivo.

Para Loesch e Hein (2009), a utilização da PO é uma maneira de trazer conhecimento para uma organização, uma vez que ela age como ferramenta de análise e estudo das problemáticas dos processos organizacionais. A utilização da PO como ciência, estrutura processos, propondo um conjunto de alternativas e ações, fazendo a previsão e a comparação de valores, de eficiência e custos.

De acordo com Lathermacher (2007), pode-se entender o apoio à tomada de decisão como um método de identificar um problema e as possíveis linhas de ação para resolvê-lo, avaliando assim as conseqüências que cada decisão trará à organização. Além disso, a solução apresentada por qualquer tipo de modelo deve passar por uma criteriosa análise dos decisores, uma vez que o contexto gerencial é que irá definir se tal solução pode ser ou não implementada na organização, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Processo de tomada de decisão



Fonte: Lachtermancher (2007), adaptada pelos autores.

O método proposto neste trabalho justifica-se por se tratar de uma ferramenta versátil, de moderada complexidade matemática e que exigem pequeno esforço computacional para a determinação da “solução ótima”, por se tratar de um algoritmo polinomial. Além disso, pode ser aplicado nos mais diversos setores de produtos e serviços, trabalhando com dados numéricos de maneira contextualizada, conferindo grande credibilidade aos resultados encontrados.

O planejamento, a estratégia e o mapeamento de riscos são conceitos que movem o mundo dos negócios. Para posicionar-se no mercado é necessário estar munido de técnicas para tomadas de decisões de maneira clara, objetiva e com o menor risco possível. Assim, para colocar-se a frente de seus concorrentes, uma empresa necessita de respaldo técnico em suas escolhas. Para isso, é necessária a aplicação de métodos consistentes que atendam às expectativas dos seus *stakeholders*.

Em face da globalização, as empresas encontram-se em mercados cada vez mais competitivos, exigindo que as mesmas tomem diversas decisões que, quando não bem fundamentadas e analisadas, podem levar ao fracasso do negócio. A PO, devido ao seu caráter multidisciplinar e científico, pode produzir contribuições significativas, podendo ser estendida por praticamente todos os ramos do conhecimento, desde a engenharia à medicina, em especial na gestão empresarial.

Cabe mencionar que a utilização de métodos quantitativos em qualquer empresa, no apoio a decisões em cenários complexos, ajuda a evitar que elas aconteçam de forma pouco criteriosa, dotando-as de maior racionalidade, objetividade e ensejando melhor acompanhamento em sua execução, o que pode gerar mais eficiência e eficácia em seus processos produtivos, deixando a empresa rentável e sólida no mercado, agregando valor para toda a sociedade na geração de empregos e movimentação da economia.

Esta publicação contribui com a comunidade científica, na medida em que apresenta para os iniciantes na área, como se pode utilizar técnicas numéricas e criativas de PO para

resolução de problemas concretos que apareçam nas empresas em geral, estimulando assim o aprendizado do leitor na referida linha de pesquisa.

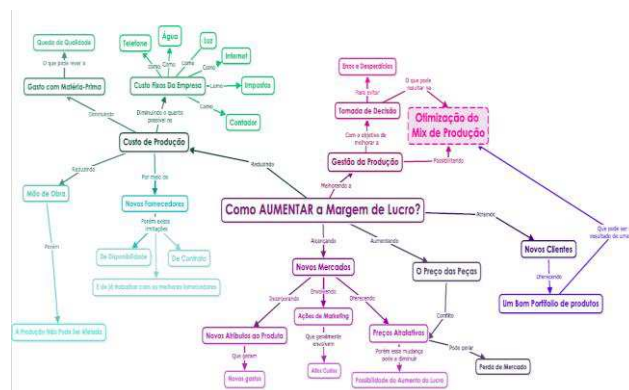
3. Metodologia

O método utilizado neste artigo foi referenciado por Vergara (2014) e destaca-se a pesquisa aplicada por se tratar de um trabalho que se aprofunda em uma problemática relacionada a custo, preço, valor e lucratividade com base nas demandas da confecção, e também se destaca o estudo de caso através do departamento de confecção de lingerie de uma fábrica têxtil situada no município de Cordeiro - RJ.

Os dados foram coletados no período de agosto/2015 a novembro/2015, sendo que estes são referentes ao período de janeiro a outubro do mesmo ano. Para tratamento dos dados se utilizou o modo qualitativo para análise e interpretação destes, bem como tratados de modo quantitativo através de programação linear para alcançar a otimização da linha de lingerie da empresa.

Na tentativa de compreender e estruturar o problema de aumentar as receitas da empresa, foi elaborado o mapa mental – figura 2 – que conduziu ao cluster “otimização do mix de produção”.

Figura 2 – Mapa mental com a estruturação do problema

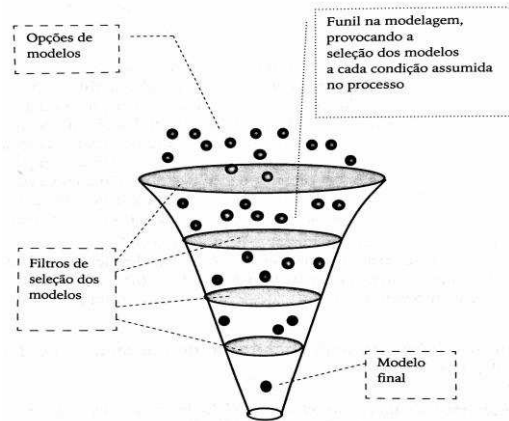


Fonte: Autores (2015)

A seguir, observa-se um filtro, figura 3, que elimina algumas possibilidades de modelos, a cada decisão tomada pelo analista. Essas decisões consistem numa abordagem escolhida numa etapa qualquer do processo, ou em hipóteses assumidas em relação ao problema em estudo. Na passagem por cada filtro, há um número menor de possíveis formas de representar o problema, ou seja, os modelos, que são representados pelas esferas pretas. Alguns modelos

podem nem ser percebidos pelo analista, que os elimina a partir das definições e hipóteses que vai estabelecendo ao longo do processo.

Figura 3 – Filtro de Modelos



Fonte: Almeida (2013)

Para o desenvolvimento da modelagem de um problema deve-se observar que há muitas possibilidades que levam a diversos modelos aplicáveis. Dentro deste contexto, o problema em estudo neste trabalho apresenta uma natureza eminentemente determinística, o que conduziu a um modelo de PL, utilizando o Método Simplex.

De acordo com Silva *et al.* (2007) a PL é uma das técnicas mais utilizadas para resolução de problemas na área de PO. Por se tratar de um modelo simples, baseado em equações lineares, pode ser programável em computador, o que a torna uma ferramenta fácil de ser utilizada em qualquer tomada de decisão.

Para Lins e Calôba (2006), a formulação do PPL, ajuda no alinhamento da tomada de decisão, uma vez que ela utiliza métodos matemáticos para resolução e avaliação dos resultados de um problema. Eles apontam que a etapa onde se encontra a representação matemática do que se está sendo estudado, é a etapa básica da PL onde serão identificadas as variáveis e suas relações, a partir daí será descoberta suas restrições e expressa o objetivo.

Taha (2015) diz que, o Método Simplex, intimamente relacionado com os PPL, é uma ferramenta importante destinada a resolver problemas de PL. Esse método consiste em buscar, caso existam, uma ou mais soluções a partir de uma solução básica factível, gerando uma sequência de soluções factíveis. Quando essa sequência é completada, a solução ótima é obtida.

O acelerado progresso dos computadores contribuiu para que a PL passasse a ser empregada amplamente como ferramenta de gestão empresarial. O software LINDO, Linear

Interactive and Discrete Optimizer, foi utilizado no cálculo das iterações e da “solução ótima” do problema. No cálculo da solução ótima, levou-se em consideração apenas a quantidade de material utilizado na confecção das peças, sem considerar o número de funcionários, lay out, tempo gasto em cada peça etc.

4. Modelagem matemática e seus resultados

4.1. Variáveis de decisão

Como se deseja saber a quantidade a ser produzida de cada peça da linha básica, as variáveis de decisão foram elencadas da seguinte maneira:

- x1: quantidade de sutiã brilhante;
- x2: quantidade de sutiã alça encapada;
- x3: quantidade de sutiã sem bojo;
- x4: quantidade de sutiã lycra sem bojo;
- x5: quantidade de sutiã básico/alça removível;
- x6: quantidade de sutiã bicolor com alça encapada;
- x7: quantidade de sutiã nadador com renda nas costas;
- x8: quantidade de calça em microfibra com laterais encapadas;
- x9: quantidade de calça microfibra com sanduíche;
- x10: quantidade de calça frente laser e traseira em renda;
- x11: quantidade de calça laser fio-dental;
- x12: quantidade de calça laser maior;
- x13: quantidade de calça brilhante microfibra;
- x14: quantidade de calça microfibra zeromax;
- x15: quantidade de calça laser com renda na frente;
- x16: quantidade de calça tanga com regulagem na lateral; e
- x17: quantidade de calça tanga com argola e regulagem.

4.2. Restrições

4.2.1. Restrições de não-negatividade

Considerando x_i a quantidade de cada peça a ser produzida, $x_i \geq 0$ para todo $i = \{1,2,3,4...17\}$.

4.2.2 Restrições técnicas

O fluxo anual de matéria-prima, com base nas quantidades adquiridas de janeiro/2015 a outubro/2015, impõe 69 restrições técnicas, onde cada uma representa a disponibilidade de um insumo que pode ser utilizado em uma ou mais peças, gerando assim uma equação linear.

4.3 Função objetivo

Como se deseja maximizar a receita da empresa, a função objetivo fica definida pelo somatório das receitas geradas pela venda de cada peça. Assim, tem-se:

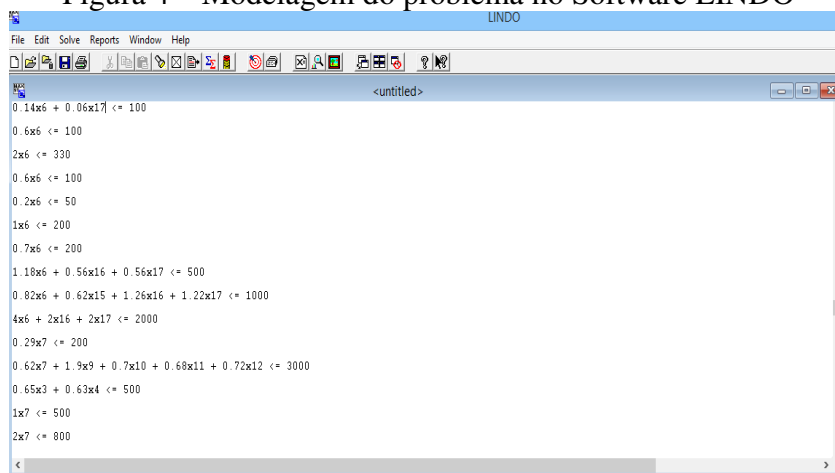
$$\text{F.O.} = \text{Max} \{ 27,80x_1 + 29,90x_2 + 32,80x_3 + 26,90x_4 + 31,90x_5 + 29,90x_6 + 29,90x_7 + 15,80x_8 + 10,90x_9 + 13,20x_{10} + 10,20x_{11} + 12,20x_{12} + 9,90x_{13} + 9,90x_{14} + 14,90x_{15} + 10,90x_{16} + 10,90x_{17} \}$$

4.4. Solução do modelo

4.4.1. Utilização do software LINDO na solução do modelo

O Software LINDO, Linear Interactive and Discrete Optimizer, foi utilizado na determinação da solução ótima do problema, ou seja, o mix de produção para uma dada quantidade de matéria-prima disponível no estoque da empresa. Parte da modelagem do problema no software encontra-se ilustrada na figura 4.

Figura 4 – Modelagem do problema no Software LINDO



Fonte: Autores (2015)

4.4.2. Cenário atual

Para o ano de 2015, a empresa adquiriu R\$88.000,00 em matéria-prima. As peças foram produzidas e geraram uma receita bruta de R\$178.672,50 conforme a tabela 1.

Tabela 1 – cenário atual de vendas (sem otimização)

PORTFÓLIO ANTIGO	qtde	custo	faturamento	lucro
sutiã brilhante (x1)	836	R\$ 6.063,17	R\$ 23.240,80	R\$ 17.177,63
sutiã alça encapada (x2)	972	R\$ 7.673,75	R\$ 29.062,80	R\$ 21.389,05

sutiã sem bojo com renda (x3)	181	R\$ 1.289,01	R\$ 5.936,80	R\$ 4.647,79
sutiã lycra sem bojo (x4)	192	R\$ 1.136,83	R\$ 5.164,80	R\$ 4.027,97
sutiã básico/alça removível (x5)	496	R\$ 4.166,55	R\$ 15.822,40	R\$ 11.655,85
sutiã bicolor com alça encapada (x6)	106	R\$ 1.026,27	R\$ 3.169,40	R\$ 2.143,13
sutiã nadador com renda nas costas (x7)	248	R\$ 2.741,14	R\$ 7.415,20	R\$ 4.674,06
calça em microfibra com laterais encapadas (x8)	512	R\$ 2.054,09	R\$ 8.089,60	R\$ 6.035,51
calça microfibra com sanduiche (x9)	540	R\$ 1.814,35	R\$ 5.886,00	R\$ 4.071,65
calça frente laser e traseira em renda (x10)	989	R\$ 4.189,31	R\$ 13.054,80	R\$ 8.865,49
calça laser fio-dental (x11)	363	R\$ 1.099,67	R\$ 3.702,60	R\$ 2.602,93
calça laser maior (x12)	524	R\$ 1.613,03	R\$ 6.392,80	R\$ 4.779,77
calça brilhante microfibra (x13)	453	R\$ 1.104,96	R\$ 4.484,70	R\$ 3.379,74
calça microfibra zeromax (x14)	4197	R\$ 6.230,03	R\$ 41.550,30	R\$ 35.320,27
calça laser com renda na frente (x15)	76	R\$ 233,05	R\$ 1.132,40	R\$ 899,35
calça tanga c/regulagem na lateral (x16)	242	R\$ 654,42	R\$ 2.637,80	R\$ 1.983,38
calça tanga c/ argola e regulagem (x17)	177	R\$ 580,93	R\$ 1.929,30	R\$ 1.348,37
Total	11104	R\$ 43.670,55	R\$ 178.672,50	R\$ 135.001,95

Fonte: Autores (2015)

Os dados mostram que, sem haver a otimização da produção, houve um lucro de R\$135.001,95 associado com R\$44.329,45 de material inventariado em estoque, totalizando R\$179.331,40 em ativos da empresa para o ano de 2015.

4.4.2. Cenário proposto

Após a modelagem do problema e a inserção das equações no software LINDO, chegou-se ao seguinte “mix ótimo de produção”: $x_1 = 813$; $x_2 = 935$; $x_3 = 163$; $x_4 = 250$; $x_5 = 587$; $x_6 = 165$; $x_7 = 400$; $x_8 = 833$; $x_9 = 455$; $x_{10} = 1.600$; $x_{11} = 700$; $x_{12} = 405$; $x_{13} = 0$; $x_{14} = 5.233$; $x_{15} = 238$; $x_{16} = 0$; $x_{17} = 500$.

A tabela 2 explicita que, após a otimização da produção, houve um lucro de R\$158.350,00 associado com R\$17.869,27 de material inventariado em estoque, totalizando R\$194.327,14 em ativos.

Tabela 2 – Produção otimizada

PORTFÓLIO NOVO	qtde	custo	faturamento	lucro
sutiã brilhante (x1)	813	R\$ 5.896,36	R\$ 22.601,40	R\$ 16.705,04
sutiã alça encapada (x2)	935	R\$ 7.381,64	R\$ 27.956,50	R\$ 20.574,86
sutiã sem bojo com renda (x3)	163	R\$ 1.160,82	R\$ 5.346,40	R\$ 4.185,58
sutiã lycra sem bojo (x4)	250	R\$ 1.480,25	R\$ 6.725,00	R\$ 5.244,75
sutiã básico/alça removível (x5)	587	R\$ 4.930,98	R\$ 18.725,30	R\$ 13.794,32
sutiã bicolor com alça encapada (x6)	165	R\$ 1.597,50	R\$ 4.933,50	R\$ 3.336,00
sutiã nadador com renda nas costas (x7)	400	R\$ 4.421,20	R\$ 11.960,00	R\$ 7.538,80

calça em microfibra com laterais encapadas (x8)	833	R\$ 3.341,91	R\$ 13.161,40	R\$ 9.819,49
calça microfibra com sanduiche (x9)	455	R\$ 1.528,75	R\$ 4.959,50	R\$ 3.430,75
calça frente laser e traseira em renda (x10)	1600	R\$ 6.777,44	R\$ 21.120,00	R\$ 14.342,56
calça laser fio-dental (x11)	700	R\$ 2.120,58	R\$ 7.140,00	R\$ 5.019,42
calça laser maior (x12)	405	R\$ 1.246,71	R\$ 4.941,00	R\$ 3.694,29
calça brilhante microfibra (x13)	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
calça microfibra zeromax (x14)	5233	R\$ 7.767,87	R\$ 51.806,70	R\$ 44.038,83
calça laser com renda na frente (x15)	238	R\$ 729,80	R\$ 3.546,20	R\$ 2.816,40
calça tanga c/regulagem na lateral (x16)	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
calça tanga c/ argola e regulagem (x17)	500	R\$ 1.641,05	R\$ 5.450,00	R\$ 3.808,95
Total	13277	R\$ 52.022,86	R\$ 210.372,90	R\$ 158.350,04

Fonte: Autores (2015)

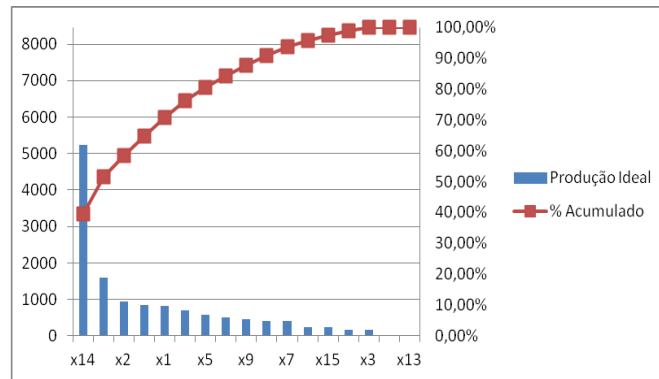
Comparando-se os dois cenários, antes e após a otimização proporcionada pelo Método Simplex, verifica-se que houve uma melhora nos ativos da confecção, que foi de R\$161.223,53 para R\$176.219,31, ou seja, um aumento de 9,3%.

4.5. Discussão dos resultados

Na solução ótima, as peças x_{13} e x_{16} foram zeradas, indicando que a produção das mesmas deve ser descontinuada, por não contribuírem com a maximização da receita. No entanto, o Método Simplex, bem como qualquer outra ferramenta da PO, não decide pelo decisor. Por isso, a decisão em descontinuar ou não a produção das peças x_{13} e x_{16} deve ser tomada dentro de um contexto gerencial. Mesmo não contribuindo para a maximização das receitas, a gerência pode optar em continuar produzindo as referidas peças por vários motivos, como por exemplo: entrar em um novo nicho de mercado, ou então manter o treinamento das costureiras em confeccionarem essas peças, entre outros motivos alheios à modelagem do analista de PO.

Outro aspecto que vale uma análise pormenorizada, é o fato de que os volumes calculados na “solução ótima” são muito destoantes de uma peça para outra, sugerindo que seja mais vantajoso focalizar a produção numa variedade menor de peças, ou seja, naquelas que contribuem mais na maximização das receitas. A fim de identificar os produtos mais representativos para a maximização da receita, foi utilizado o gráfico de Pareto, ilustrado pela figura 5, a seguir.

Figura 5 – Diagrama de Pareto



Fonte: Autor (2015)

A partir da figura 5, observa-se que as peças x_{14} , x_{10} , x_2 , x_8 , x_1 , x_{11} , x_5 , e x_{17} representam pouco mais de 80% do volume total de vendas da linha básica. Este valor sugere que o mix de produção da confecção poderia ser reavaliado. Por outro lado, restringir o mix de produção da empresa pode ser uma estratégia perigosa, já que a mesma ficará suscetível às demandas dessas poucas peças. Assim sendo, destaca-se novamente que a decisão de alterar ou não o mix de produção, deve ser tomada dentro do contexto gerencial da empresa, alinhando-se com a estratégia de mercado definida pelos seus administradores.

5. Considerações finais

Embora o método desenvolvido por Dantzig não seja propriamente uma novidade, percebe-se alguma resistência do setor produtivo brasileiro, principalmente das pequenas e médias empresas no que diz respeito à implementação de técnicas oriundas da academia. Muitos empresários e gerentes mostram-se incrédulos de que um método analítico seja capaz de trazer algum resultado prático para suas organizações.

Levando em consideração que a disponibilidade de recursos é limitada, ou seja, uma confecção compra periodicamente uma certa quantidade de insumos para a produção das suas peças, estes insumos correspondem às restrições técnicas do problema. Uma vez satisfeitas todas as restrições, encontrar-se-á a região de soluções viáveis, sendo esta um hiper-espaço que atende a todas as restrições ao mesmo tempo. A questão crucial será, dentro desta região de soluções viáveis, escolher a solução que otimiza a Função Objetivo, ou seja, maximiza a receita da empresa.

Comparando-se os dois cenários, antes e após a otimização proporcionada pelo Método Simplex, verifica-se que houve uma melhora nos ativos da confecção, que foi de R\$161.223,53 para R\$176.219,31, ou seja, um aumento de 9,3%. Nos dias de hoje, uma diferença de margem de lucro desta magnitude pode representar o sucesso ou o sepultamento de uma empresa.

A empresa deve estar atenta aos fatores que ajudam na definição do seu mix de produção, por isso a metodologia busca resolver a questão da lucratividade e da precificação, apontando de modo correto e objetivo o melhor conjunto de produtos a ser oferecido ao mercado, visando um efetivo retorno. Ofertar uma linha de produtos inadequada pode gerar grandes perdas para o negócio, afetando assim a fatia de mercado da empresa.

A indústria têxtil brasileira tem passado por dificuldades nos últimos anos devido à maior atratividade dos produtos chineses, fato este agravado pelo atual cenário econômico nacional. Nova Friburgo e os demais municípios da Região Serrana Fluminense viram desaparecer 1.901 empregos formais no ano de 2015. Assim sendo, tais empresas, para sobreviverem, estão reinventando-se a partir de novos processos e novas práticas. O potencial da ferramenta matemática apresentada neste artigo está no fato de ela ser capaz de aumentar a produtividade de um sistema a partir dos recursos existentes na organização, ou seja, é possível aumentar o *output* mantendo-se o mesmo *input*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações**: construindo modelos de decisão multicritério. 1ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2013.
- CORRAR, L. J.; THEÓPHILO, C. R.; BERGMANN, D. R. **Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração**. 2ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.
- HILLIER, F. S., LIBERMAN, G. J. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 8ª Ed. - Porto Alegre, RS: Mc Graw-Hill, 2006.
- KELLER, P. F. Competição global & competição local: uma análise das relações interfirmas no cluster têxtil de Americana–SP. **Enfoques** – Revista Eletrônica dos alunos do PPGSA, mar. 2004.
- LACHTERMANCHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**. 3ª Ed. Rio de Janeiro-RJ: Campus, 2007.
- LINS, M. P. E.; CALÔBA, G. M. **Programação Linear**. 1ª Ed. Rio de Janeiro- RJ: Interciência, 2006.
- LOESCH, C.; HEIN, N. **Pesquisa Operacional** – Fundamentos e Modelos. São Paulo: Saraiva, 2009.
- MENDES, S. M. F. Filiais brasileiras na rede mundial do setor têxtil: análise de algumas empresas industriais globalizadas a partir da gama de produtos, das etapas produtivas e das funções corporativas. **Relatório de atividades final CNPq**. Araraquara, 2003.
- SILVA, E. M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, Carlos A. **Pesquisa Operacional para os cursos de Economia, Administração e Ciências Contábeis**, 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- Taha, H. A. **Pesquisa Operacional**. 8ª Ed. São Paulo: Pearson, 2008.
- VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 15ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014.