

APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL COMO FERRAMENTA PARA AUXÍLIO NA REDUÇÃO DOS GARGALOS DE UM PROCESSO PRODUTIVO: UM ESTUDO DE CASO NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Lucas Lopes Filholino Rodrigues¹
Igor Henrique Inácio de Oliveira²

RESUMO

O objetivo deste estudo consiste em apresentar e descrever o funcionamento do processo produtivo de uma empresa do setor automobilístico, apresentando o cenário atual de uma de suas linhas produtivas e identificando possíveis gargalos de tal processo, de modo a buscar a minimização de tais gargalos e a consequente maximização dos lucros através da aplicação da pesquisa operacional e da otimização da capacidade produtiva. O estudo irá, em um primeiro momento, levantar o estado da arte quanto aos assuntos abordados, apresentando um referencial teórico, de forma que em sequência serão demonstrados dados coletados na empresa foco para por fim, apresentar a aplicação da pesquisa operacional como ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Através deste estudo, comprovou-se que a aplicação da pesquisa operacional e da programação linear é viável no que se refere à problemas de escalas produtivas é viável, visto que tal aplicação proporcionou aos autores uma análise adequada dos dados, gerando assim uma possível otimização do processo produtivo, que reduziria a ociosidade da linha de manufatura em aproximadamente 17%, e consequentemente aumentando os lucros em mais de R\$ 2.600.000,00.

PALAVRAS-CHAVE: Pesquisa Operacional. Programação Linear. Otimização. Capacidade produtiva.

ABSTRACT

The aim of this study is to present and describe the operation of the production process in an automobile company, showing the current situation of one of its production lines and identifying potential bottlenecks in this process, in order to seek to minimize the bottlenecks found and consequently the maximization profits through the application of operations research and optimization of production capacity. The study will, at first, lifting the state of the art regarding the issues addressed by presenting a theoretical framework, so that in sequence will be demonstrated data collected in focus now, to finally present the application of operations research as a tool decision-making to. Through this study, it was shown that the application of operational and linear programming research is feasible with regard to the production scales of problems is feasible, as this application has given the authors an appropriate analysis of data, thus generating a possible optimization production process, which would reduce the idleness of the manufacturing line in approximately 17%, and consequently increasing profits by more than R \$ 2,600,000.00.

KEYWORDS: Operational Research. Linear Programming. Optimization. productive capacity.

1 Faculdade de Tecnologia de Guarulhos. E-mail: lucasfilholino@hotmail.com.

2 Faculdade de Tecnologia de Guarulhos.

INTRODUÇÃO

O cenário econômico do país em uma perspectiva global enfrenta um momento crítico de incertezas financeiras e constante fuga de investimentos, situação esta que exige dos gestores o desenvolvimento de estratégias que possam combater os custos, de forma a eliminar aqueles que são desnecessários e reduzir ao máximo os que são vitais para a operação, ou seja, não podem ser extintos por completo.

A competitividade e a globalização hoje instaladas no mercado, também são fatores que contribuem para que as empresas se preocupem com processos produtivos, serviços e o produto propriamente dito. O grau de exigência cada vez maior por parte dos clientes juntamente com as tecnologias e ferramentas já existentes para quantificações, obrigam as companhias a arcarem com maiores investimentos em busca de maneiras, processos e filosofias que possam agregar valores.

Considerando o já citado grau de cobrança da demanda, além da rotineira insuficiência das ofertas, a pesquisa operacional pode se tornar uma ferramenta fundamental para a tomada de decisões, visto que de forma peculiarmente objetiva permite, através da utilização de modelos matemáticos, que se trabalhe o aperfeiçoamento de processos, diminuição de custos e a expansão de lucros no tocante aos mais diversos segmentos de atuação.

A presente pesquisa analisará a cadeia produtiva de uma empresa fabricante de rodas automotivas, buscando descrever o funcionamento deste sistema de produção, além de analisar os atuais resultados advindos destes processos, podendo então apresentar possíveis otimizações e melhorias.

PROBLEMÁTICA

A utilização incorreta dos recursos no estágio de dimensionamento da capacidade produtiva pode afetar diretamente a geração de lucros de uma empresa, à medida que esta irá concentrar investimentos desequilibrados gerando ociosidade e impossibilitando uma melhor eficiência da produção.

JUSTIFICATIVA

Conforme os dados coletados na empresa estudada, há uma ociosidade média de 24% do tempo disponível para produção, valor que compromete a eficiência da linha além de, em decorrência disto, afetar a obtenção de lucros.

HIPÓTESE

É possível oferecer margens de dimensionamento quanto à utilização de recursos, combate a ociosidade e conseqüentemente geração de lucros, através do uso de técnicas de pesquisa operacional.

OBJETIVO

Avaliar o processo produtivo de uma empresa atuante no setor automobilístico, de forma a demonstrar qual é a solução ótima no tocante ao mix de produção ideal através da utilização mais adequada de recursos.

METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa quantitativa, pois utilizará dados numéricos de uma empresa, de caráter exploratório, pois não resultará em envolvimento direto com o processo, apresentando apenas uma sugestão ao mesmo. O estudo irá, em um primeiro momento, levantar o estado da arte quanto aos assuntos abordados, a fim de elucidar o leitor sobre o tema, de forma que em seqüência serão demonstrados dados coletados na empresa foco, para por fim apresentar a aplicação da técnica utilizada.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

PESQUISA OPERACIONAL

Originalmente utilizada nas guerras pelo militarismo, conforme Tiari e Sandilya (2006), a técnica quantitativa servia para alocação de recursos, bem como otimização da utilização de tais recursos quando escassos. Após sucesso no cenário militar, a técnica começa a ser utilizada nas áreas de transporte, médica e de telecomunicações. Com a percepção mais apurada, os gestores começam a expandir a utilização da ferramenta ao meio industrial, segundo Araújo (2009) a técnica está em ascensão, visto que com o passar do tempo cada vez mais áreas encontram uma maneira de utiliza-la.

A pesquisa operacional é considerada, nos dias de hoje, uma ferramenta quantitativa utilizada pelas empresas fundamentalmente para a resolução de problemas nos mais distintos segmentos de atuação, conforme Moreira (2010, p.3) “A pesquisa Operacional lida com problemas de como conduzir e coordenar certas operações em uma organização, e tem sido aplicada a diversas áreas, tais como indústria, transportes, telecomunicações, finanças, saúde, serviços públicos, operações militares etc.”.

Apesar de ter sua aplicação mais comumente encontrada nas áreas operacionais, pode-se notar que tal utilização é real nos mais diversos cenários, o que demonstra a flexibilidade da técnica, adaptável a quaisquer tipos de situações, desde que hajam dados numéricos sobre o determinado processo.

É possível ainda definir pesquisa operacional segundo Arenales et. Al (2007), como “ a aplicação de métodos científicos a problemas, complexos para auxiliar no processo de decisões, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos”.

Uma das maneiras de se aplicar a pesquisa operacional é por meio da programação linear.

“A programação linear é um dos mais importantes instrumentos do campo de pesquisa operacional, é a área de conhecimento que fornece um conjunto de procedimentos voltados para tratar problemas que envolvem a escassez de recursos. São passíveis de solução com o emprego de PL o problema no qual se busca a melhor alocação de recursos, de forma a atingir determinado objetivo de otimização, atendendo as determinadas restrições. Essas limitações podem referir-se ao montante ou a forma de distribuição dos recursos.” (CORRAR; THEÓPHILO e BERGMANN et al., 2007)

FUNÇÃO OBJETIVO

A função objetivo faz em sua formação uso de elementos variáveis de decisão, com intuito de elaborar o objetivo de maximização ou minimização do devido modelo matemático, de forma que tais variáveis já introduzidas no modelo em questão assumem incógnitas combinadas com valores de cada recurso a ser considerado.

Conforme Passos (2008, p.11) “Essa função mostra o que se quer otimizar, ou seja, como próprio nome diz, indica o objetivo que se quer atingir. Isto significa dizer que a função objetivo é composta pelas variáveis de decisão”.

O conceito do termo objetivo remete a fim que se deseja atingir, ou ainda meta que se pretende alcançar, ou seja, objetivos são os valores e/ou finalidades que uma empresa deseja cumprir, de forma a buscá-las em expectativas futuras.

Sob a visão de Moreira (2011, p.10) “Durante a formulação do problema, a combinação de variáveis a que se chega é colocada na forma de uma expressão matemática, que recebe o nome de função objetivo”.

FERRAMENTA DE APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL: SOFTWARE LINDO

A ferramenta de pesquisa operacional adotada para a aplicação desse estudo é o software LINDO (Linear Interactive Discrete Optimizer), que foi projetado para solucionar problemas lineares, quadráticos e de programação inteira, avaliar a adequação de

resultados, fazer pequenas modificações nos dados ou parâmetros, e reteste para obter um ótimo resultado.

Tal software pode ser considerado a ferramenta com maior facilidade e velocidade na sua utilização, sendo assim uma das melhores para a resolução de modelos de otimização maximizando os lucros e minimizando os custos oriundos do problema que está sendo testado, desde problemas de transportes, planejamento de produção, entre outros.

ESTUDO DE CASO

A empresa estudada é uma multinacional que fabrica rodas para automotores nos segmentos de caminhão e veículos de passeio, de forma que no Brasil, representa grande participação na indústria deste ramo de atuações. A planta industrial da empresa situa-se na região de Guarulhos/SP, e por motivos de estratégia, esta optou pela confidencialidade de seu nome, visto que para este estudo será tratada ficticiamente de ABC.

A filosofia de atuação da ABC exige o oferecimento de diferenciais no mercado, como por exemplo a constante busca por inovação e desenvolvimento de produtos que possam atender as mais variáveis solicitações de seus clientes, podendo assim criar vínculos maiores de fidelidade.

Conforme mencionado, a saúde financeira nacional não atravessa o melhor de seus momentos, de forma que as empresas da indústria automobilística, tal como as áreas subsidiadas por esta, deparam-se com um momento crítico da economia em que é extrinsecamente necessário otimizar processos. A partir disto, torna-se necessário elaborar esta pesquisa que buscará viabilizar o dimensionamento de capacidade produtiva no que se refere a recursos e sua devida utilização.

CENÁRIO ATUAL

A ABC atua através de células de produção, de forma que baseada em critérios próprios, define quais modelos serão produzidos em cada uma das células. Para esta pesquisa será realizada a análise inicial de uma destas alas do corpo produtivo da empresa, de maneira a avaliar a eficiência desta, bem como identificar possíveis falhas e de encontrar qual é a solução ótima quanto a quantidade de produção visando se obter o maior lucro possível.

Em um primeiro momento, esta pesquisa irá através dos dados coletados delinear os processos produtivos desta célula, que recebeu a responsabilidade de produzir 8 modelos distintos de rodas, sendo 2 destes detentores de grande potencial de venda frente ao mercado devido a aceitação que apresentam, além de 6 modelos em fase de desenvolvimento por solicitação e interesse de demandas específicas.

Os modelos oriundos de demandas específicas possuem uma condição contratual para que a ABC aceite trabalhar em seu desenvolvimento e manufatura, de modo que para

tal desenvolvimento se tornar viável, a empresa exige uma negociação de 12 meses com um mínimo de peças compradas mensalmente. Vale ressaltar ainda que esta quantidade mínima fica a critério da negociação.

Esta célula produtiva foi projetada unicamente para atender as demandas específicas de novos modelos desenvolvidos, além de contribuir com a produção de dois produtos básicos oferecidos pela empresa, pois estes possuem uma representatividade muito grande no volume de vendas geral. As negociações para produção dos lotes específicos, bem como datas de início das produções foram conjuntas e, passados 3 meses de operações com os dados apresentados, a empresa conseguiu através de maneiras desconhecidas de dimensionamento de capacidade, uma média de lucro de R\$ 6.016.000,00.

CAPACIDADE PRODUTIVA

A célula a se avaliar opera com duas linhas de produção, a primeira para o segmento de caminhões e a segunda para veículos de passeio. Os 8 modelos produzidos nesta célula, e que serão utilizados para a simulação e discorrimento desta pesquisa, apesar de operacionalizados em linhas distintas conforme segmento, apresentam os mesmos processos, também utilizados nas demais células da empresa, estes são :

- Processo Aro, no qual modela-se o aro
- Processo Disco, no qual processam-se os discos
- Processo Monta, quando as duas peças anteriormente preparadas são unidas formando a roda.

Para a célula em questão, a ABC opera com 24 dias de trabalho por mês, possuindo disponibilidade de três turnos diários de oito horas cada um. Para a fabricação dos produtos escolhidos na linha de passeio foi disponibilizado a esta célula inicialmente o equivalente a um destes turnos de 8 horas de trabalho, enquanto para a linha de caminhão disponibilizou-se o equivalente a 2 turnos diários. As tabelas 1 e 2 a seguir, demonstrarão de maneira similar os tempos de cada processo além da capacidade mensal disponível para produção, de forma que para cada peça o tempo apresenta-se em minutos, bem como o tempo total disponível para a produção mensal.

Tabela 1: Tempos linha Caminhão

LINHA CAMINHÃO			
Processo/Tempo (min)	Disco	Aro	Monta
PRODUTO A	0,17	0,25	0,13
PRODUTO B	0,3	0,37	0,21
PRODUTO C	0,45	0,5	0,33
PRODUTO D	0,41	0,7	0,46
Tempo Disponível/Mês	23040	23040	23040

Tabela 2: Tempos linha Passeio

LINHA PASSEIO			
Processo/Tempo (min)	Disco	Aro	Monta
PRODUTO E	0,07	0,1	0,05
PRODUTO F	0,11	0,15	0,08
PRODUTO G	0,18	0,2	0,13
PRODUTO H	0,16	0,27	0,18
Tempo Disponível/Mês	11520	11520	11520

É necessário ressaltar que apesar dos processos serem os mesmos nas duas linhas de produção, os produtos apresentam algumas peculiaridades devido às divergências dos modelos, visto que o padrão de tamanho e peso para a linha de veículos de passeio serão diferentes dos mesmos aspectos para a linha de caminhões, fator que influencia diretamente no tempo de processamento dos produtos.

As divergências já citadas entre os modelos também proporcionam variações no que se refere a precificação e aos custos operacionais totais de cada produto, visto que estes irão utilizar quantidades diferentes de recursos como matéria-prima, tempo de ocupação da máquina, materiais para embalagens, entre outros fatores. A tabela 3 abaixo demonstra tais informações referentes aos modelos escolhidos:

Tabela 3: Preços e custos para os modelos de produtos

Produto	Preço	Custo	LINHA
A	R\$ 150,00	R\$ 115,00	CAMINHÃO
B	R\$ 180,00	R\$ 130,00	CAMINHÃO
C	R\$ 220,00	R\$ 155,00	CAMINHÃO
D	R\$ 290,00	R\$ 200,00	CAMINHÃO
E	R\$ 45,00	R\$ 15,00	PASSEIO
F	R\$ 65,00	R\$ 25,00	PASSEIO
G	R\$ 85,00	R\$ 30,00	PASSEIO
H	R\$ 120,00	R\$ 45,00	PASSEIO

Conforme apresentado, alguns dos modelos foram desenvolvidos a partir da necessidade de demandas específicas e, em função disso, até que estes se firmem no mercado, a ABC possui contratos fechados com algumas montadoras, gerando assim uma quantidade mínima de cada produto que deve ser manufaturada por mês, a fim de manter vigentes os contratos em questão, evitando maiores prejuízos. As demandas mínimas para os próximos meses, dadas de acordo com o cenário atual, podem ser vistas na tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Demandas fixas estabelecidas por questões contratuais

PRODUTO	DEMANDA MÍNIMA
B	10.000
C	9.000
D	8.000
F	13.500
G	15.000
H	18.000

Os produtos A e E não fazem parte do grupo de modelos desenvolvidos para atender uma demanda específica, e devido a isso não possuem demanda mínima de produção.

Ainda quanto à capacidade é necessário ressaltar que devido o dimensionamento exercido anteriormente e utilizado até o momento, é possível notar conforme dados cedidos pela ABC, uma considerável média de ociosidade de alguns dos processos envolvidos no sistema, conforme tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Média de Ociosidade por processo e segmento

Processo/Segmento	Tempo Ocioso
Disco Caminhão	23,78%
Aro Caminhão	0,00%
Montagem Caminhão	38,55%
Disco Passeio	33,02%
Aro Passeio	6,82%
Montagem Passeio	41,51%
MÉDIA	23,95%

MODELAGEM

Para atender o objetivo deste estudo e possibilitar sua devida aplicação, inicialmente será elaborado um modelo matemático que procure viabilizar os processos considerando cada informação apresentada sobre a operação produtiva da empresa, de maneira que a representação dos produtos avaliados se dará através da relação abaixo:

Quantidade produzida do produto A	=	x1
Quantidade produzida do produto B	=	x2
Quantidade produzida do produto C	=	x3
Quantidade produzida do produto D	=	x4
Quantidade produzida do produto E	=	x5
Quantidade produzida do produto F	=	x6
Quantidade produzida do produto G	=	x7
Quantidade produzida do produto H	=	x8

Desta forma, para a elaboração do modelo proposto, realizou-se um cálculo básico para cada item, ou seja, subtraiu-se o custo total do preço de venda a fim de encontrar qual é o valor retornado (lucro) para cada item vendido, conforme tabela 6.

Tabela 6: Demonstração de lucro unitário por modelo

Produto	Lucro
A	35
B	50
C	65
D	90
E	30
F	40
G	55
H	75

A partir de tais informações, é possível modelar a Função Objetivo que irá maximizar os lucros, ou seja, a somatória dos lucros totais de cada peça produzida e comercializada.

$$Z(\text{max.}) = \sum_{i,j} (d_{ij} * v_{ij})$$

Após elaborar a função, torna-se necessário incluir no modelo matemático de programação linear todas as variáveis que restringem o processo de produção, ou seja, é necessário encontrar qual o mix de produtos que maximize os lucros, porém que respeite os limites da operação. Como observado nos dados apresentados anteriormente, cada produto ocupa um tempo médio de produção em cada etapa do processo e, observa-se também, a existência de uma diferença de capacidade disponível entre as linhas de caminhão e passeio, de forma que todos estes valores médios de tempo serão os valores utilizados para aplicação das restrições que fundamentam o modelo matemático.

Outro fator a ser considerado para a elaboração do modelo citado são as demandas mínimas que tais produtos possuem devido a questões contratuais (especificidades) e, assim como a capacidade produtiva, essas demandas devem ser respeitadas como limites, de forma que não se pode produzir menos que o marco estabelecido por cada uma das restrições. (Consultar tabela 4).

APLICAÇÃO

Após a definição da função objetivo e das restrições do processo, pode-se realizar a aplicação de tal modelo no software LINDO. Na figura 1 pode-se observar a solução ótima sugerida pela aplicação deste método de pesquisa operacional.

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      8

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE

    1)      6304100.

      VARIABLE            VALUE            REDUCED COST
      X1      36960.000000            0.000000
      X2      10000.000000            0.000000
      X3       9000.000000            0.000000
      X4       8000.000000            0.000000
      X5      16350.000000            0.000000
      X6      13500.000000            0.000000
      X7      15000.000000            0.000000
      X8      18000.000000            0.000000

      ROW      SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
    2)           6426.799805            0.000000
    3)              0.000000           140.000000
    4)           9485.200195            0.000000
    5)           3310.500000            0.000000
    6)              0.000000           300.000000
    7)           4432.500000            0.000000
    8)              0.000000           -1.800000
    9)              0.000000           -5.000000
   10)              0.000000           -8.000000
   11)              0.000000           -5.000000
   12)              0.000000           -5.000000
   13)              0.000000           -6.000000

      NO. ITERATIONS=          8
  
```

Figura 1: Relatório de resultados Software LINDO (2015)

Com base nas informações retornadas pelo sistema é possível visualizar o lucro total obtido pela otimização da produção, valor equivalente a R\$ 6.304.100,00, de forma que para a obtenção de tal retorno recomendou-se a manufatura das quantidades listadas na tabela 7:

Tabela 7: Dimensionamento da capacidade sugerida

PRODUTO	UNIDADES	LUCRO/ UNIDADE	LUCRO TOTAL POR PRODUTO
A	36.960	R\$ 35,00	R\$ 1.293.600,00
B	10.000	R\$ 50,00	R\$ 500.000,00
C	9.000	R\$ 65,00	R\$ 585.000,00
D	8.000	R\$ 90,00	R\$ 720.000,00
E	16.350	R\$ 30,00	R\$ 490.500,00
F	13.500	R\$ 40,00	R\$ 540.000,00
G	15.000	R\$ 55,00	R\$ 825.000,00
H	18.000	R\$ 75,00	R\$ 1.350.000,00
		TOTAL	R\$ 6.304.100,00

Observa-se que foram respeitadas todas as restrições aplicadas ao modelo, uma vez que a solução do software sugeriu a produção de todos os itens dentro dos limites determinados pela empresa. É possível analisar ainda, que o modelo matemático direciona a capacidade de produção da linha Caminhão para o produto A e da linha de veículos de passeio para o produto E, pois, ambos possuem valor agregado mais baixo por unidade, comparando-se

com os demais modelos, mas ao mesmo tempo apresentam takt time menor, fator que viabiliza tais produções em maior escala, ou seja, atribui-se a estes dois produtos dentro destas condições uma representatividade de em média 27,5% do lucro total.

Após a otimização é possível detectar ainda que, conforme a tabela 8 evidência e através da análise das quantidades produzidas, o nível de ociosidade para cada processo e segmento obteve uma diminuição de 1,2% quando comparado ao nível de ociosidade advinda dos resultados do atual método da empresa, totalizando uma média 22,71% do tempo sendo ocioso. Essa diminuição de ociosidade se deve ao fato de que, o modelo matemático aplicado, proporcionou ao processo uma exploração de sua capacidade direcionada a obtenção do maior lucro possível, que neste caso totalizou um aumento de 4,7%.

Tabela 8: Tempo Ocioso após otimização

Processo/Segmento	Tempo Ocioso
Disco Caminhão	27,89%
Aro Caminhão	0,00%
Montagem Caminhão	41,17%
Disco Passeio	28,74%
Aro Passeio	0,00%
Montagem Passeio	38,48%
MÉDIA	22,71%

Outra análise importante para os objetivos deste estudo relaciona-se com a identificação dos gargalos do processo, ou seja, pode-se afirmar com as informações apresentadas que os dois processos de modelagem de aro são os mais utilizados, sem nenhum intervalo ocioso e obviamente com utilização máxima.

A partir disto, pode-se avaliar que aumentar a capacidade destes dois processos significará aumentar também o lucro, uma vez que poderá se produzir mais itens.

PROPOSTA DE MELHORIA

Como observado, os gargalos provenientes dos processos de produção do Aro impedem que as demais etapas do sistema possam atingir seu nível máximo de utilização, ou seja, uma vez que a modelagem dos aros consiga desenvolver melhor desempenho, todos os outros processos poderão apresentar consideravelmente uma diminuição na ociosidade, possibilitando uma maior exploração dos recursos disponíveis (eficiência do processo), bem como um provável aumento nos lucros.

Desta forma, foram analisadas 3 possibilidades para aperfeiçoar a eficiência de toda a célula, de modo que as três envolvem a inclusão de meio turno de operação nas atividades gargalo, visando potencializar a produção destas. Observa-se que, conforme mencionado

no início deste estudo, a empresa atua com 3 turnos de operação, o que possibilita tais acréscimos.

A primeira possibilidade considera crescer a metade de um turno somente no processo gargalo da linha caminhão, de maneira que o processo que até então operava com a mesma capacidade que os demais (23040 min/mês), agora passaria a operar com um total de 28800 min/mês, fator que altera a restrição referente a este processo no modelo elaborado anteriormente que, quando aplicado com tal aperfeiçoamento, retorna os seguintes resultados:

Tabela 9: Lucro Obtido através do aumento de capacidade na modelagem dos Aros da linha de caminhão.

Processo/Segmento	OTIMIZADO ARO CAMINHÃO
Lucro	R\$ 7.110.500,00
Disco Caminhão	10,89%
Aro Caminhão	0,00%
Montagem Caminhão	28,17%
Disco Passeio	28,74%
Aro Passeio	0,00%
Montagem Passeio	38,48%
Ociosidade Média	17,71%

Ao aumentar a capacidade produtiva apenas de um único gargalo encontrado no processo, tornou-se possível a diminuição de, em média, 6,23% no nível de ociosidade da célula e um aumento de 18,19% nos lucros, quando estes comparados ao resultado que era obtido através da aplicação do método da empresa.

Para a segunda possibilidade de aperfeiçoamento, será utilizado o mesmo critério da possibilidade anterior, porém neste momento, o gargalo a ser combatido é o da linha de veículos de passeio. A partir desta mesma premissa, o processo de manufatura que antes possuía capacidade disponível de 11520 min/mês, passa agora a operar com um total de 17280 min/mês. Alterou-se novamente as restrições modeladas no início da aplicação deste estudo, e obteve-se o resultado apresentado na tabela 10:

Tabela 10: Lucro Obtido através do aumento de capacidade na modelagem dos Aros da linha de passeio.

Processo/Segmento	OTIMIZADO ARO PASSEIO
Lucro	R\$ 7.882.824,14
Disco Caminhão	27,89%
Aro Caminhão	0,00%
Montagem Caminhão	41,17%
Disco Passeio	0,00%
Aro Passeio	0,00%
Montagem Passeio	3,76%

Processo/Segmento	OTIMIZADO ARO PASSEIO
Ociosidade Média	12,14%

Sendo assim, a otimização da capacidade produtiva sugerida retorna valores significativamente maiores do que os obtidos pelo método que é aplicado atualmente pela empresa, de forma que existe uma redução de 11,81% no nível de ociosidade da célula produtiva, além de um aumento de 31,03% no lucro da operação, o que equivale ao aumento de R\$1.886.824,14. A redução significativa na ociosidade apontada por esse novo modelo se deu devido ao fato de que se tornou possível utilizar a capacidade total de tempo disponível não somente na modelagem do aro, mas também no processo de montagem do disco.

Como os gargalos analisados estão situados em processos independentes, uma vez que se tratam de linhas diferentes de produção, redirecionou-se o modelo matemático novamente, porém agora os aumentos de capacidade produtiva foram simulados simultaneamente, buscando assim a redução máxima da ociosidade da célula de produção analisada como um todo.

Os resultados obtidos após tal aplicação estão evidenciados na tabela 11.

Tabela 11: Lucro Obtido através do aumento de capacidade na modelagem dos Aros nos dois segmentos produtivos.

Processo/Segmento	OTIMIZADO ARO PASSEIO E CAMINHÃO
Lucro	R\$ 8.689.224,14
Disco Caminhão	10,89%
Aro Caminhão	0,00%
Montagem Caminhão	28,17%
Disco Passeio	0,00%
Aro Passeio	0,00%
Montagem Passeio	3,76%
Ociosidade Média	7,14%

Após simulação da terceira possibilidade, é possível observar uma significativa alteração nos índices que auxiliam a mensurar a eficiência de um processo produtivo, pois, conforme os dados acima, a ociosidade agora é de em média 7,14% do tempo disponível, além do lucro obtido, que representa também um assíduo aumento.

A fim de uma melhor demonstração dos resultados obtidos, apresenta-se na figura 2 a correlação de diminuição de ociosidade e o impacto desta no aumento do lucro gerado.

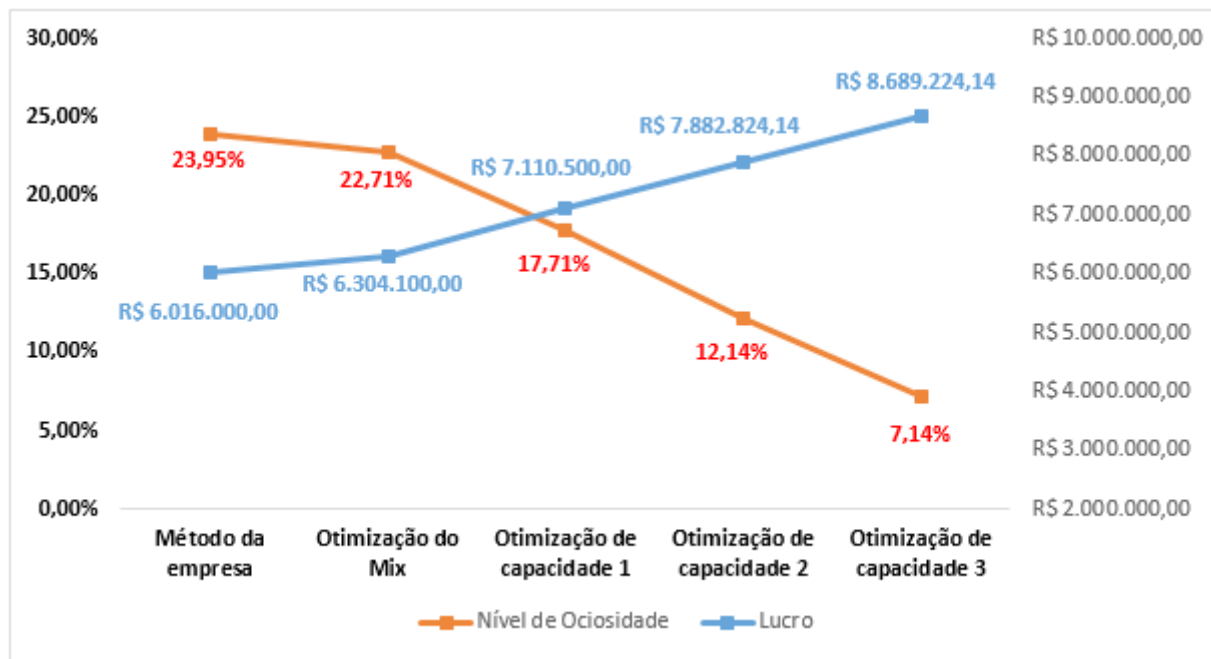


Figura 2: Correlação entre ociosidade e lucro.

CONCLUSÃO

Considerando a problemática apresentada no início deste estudo, bem como a difícil situação econômica do país, as empresas de um modo geral precisam desenvolver técnicas que possam tornar os produtos e os serviços oferecidos mais competitivos frente ao mercado, principalmente quanto ao custo e a sua relação com o valor agregado. A empresa foco deste estudo, uma das grandes representantes do segmento automobilístico no Brasil, precisa avaliar seus processos produtivos com frequência, objetivando torná-los cada vez mais viáveis de acordo com a oscilação das exigências de seus clientes.

A pesquisa operacional através da programação linear se mostra como alternativa para uma melhor avaliação e análise dos dados de uma empresa, de forma a evidenciar os números e possibilitar as análises de sensibilidade que podem levar a significativas otimizações nos processos produtivos. Este fato foi comprovado com a conclusão deste estudo, uma vez que um processo produtivo que possuía em média 24% de ociosidade, foi otimizado de maneira que alcançou uma redução máxima de aproximadamente 17% do tempo ocioso, alavancando os lucros obtidos por esta linha produtiva em R\$ 2.673.224,14.

A ociosidade do processo não era proveniente de uma falta de demanda, mas sim da má alocação dos recursos produtivos, fato este que gerou diversos gargalos que impediam a organização de obter maiores lucros. Cabe salientar que o resultado obtido se tornou possível não apenas pela aplicação da pesquisa operacional, mas também pela interpretação dos dados e diminuição dos gargalos, através do aumento de capacidade em pontos específicos da operação.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Marco Antonio. Administração de produção e operações: uma abordagem prática. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

CORRAR, Luiz J.;THEÓPHILO, Carlos Renato;BERGMANN, Daniel Reed. Pesquisa Operacional para decisão em contabilidade e administração. São Paulo: Atlas,2007.

ARENALES, MARCOS; ARMENTANO, VINÍCIUS; MORABITO, REINALDO; YANASSE, HORACIO; Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia;Rio de Janeiro: Elsevier,2007.

MOREIRA, D.A. Pesquisa Operacional: Curso Introductório. São Paulo: Thomson Learning, 2010.

TIWARI, Nirmal Kumar; SANDILYA, Shishir Kumar. Operations Research. New Delhi: Pretice-Hall, 2006.