

MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO AGREGADO DA PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS FORNEADOS

Gabriel Fernandes Sales (UTFPR-MD) gabrielsales@alunos.utfpr.edu.br

Lucas Lunardi (UTFPR-MD) lucaslunardi95@hotmail.com

Resumo

A busca pela competitividade tem sido um dos principais desafios enfrentados pelas indústrias no mercado atual. Reduzir os custos de produção e aumentar a capacidade produtiva é uma das tarefas mais complexas para o PCP (Planejamento e Controle da Produção). Portanto, torna-se necessário a utilização de estratégias para o dimensionamento do Planejamento Agregado da Produção (PAP), com a finalidade de facilitar a tomada de decisão gerencial. Assim, a tecnologia tem se tornado um grande aliado neste âmbito, no qual objetiva-se a otimização dos processos a fim de aumentar a produção com a utilização de menos recursos. O principal objetivo deste artigo concentra-se na criação de um modelo linear como ferramenta para a programação e dimensionamento do plano agregado de uma indústria de produtos forneados do Oeste do Paraná. O estudo concentra-se na otimização da função custo de produção, suprindo a demanda de produtos sazonais. Para a realização da modelagem foi utilizado planilhas do Microsoft Excel e o suplemento solver, com o intuito de obter-se o mínimo custo para produção de panettones durante dois meses, onde a demanda aumenta consideravelmente devido às comemorações nos finais de ano.

Palavras-Chaves: Planejamento agregado; Modelo linear; Solver; Otimização de custos.

1. Introdução

Atualmente, devido à concorrência do mercado, as empresas têm buscado aumentar sua competitividade através de índices de produtividade e qualidade. Nesse cenário o PCP (Planejamento e Controle da Produção) tem exercido um papel fundamental na utilização de ferramentas de apoio para o dimensionamento da produção. Para Lustosa e Nanci (2008), o PCP é responsável por atender as metas estabelecidas pelos níveis estratégico, tático e operacional, coordenando a produção e seus recursos disponíveis.

Desta forma uma das atividades desenvolvidas pelo PCP é o planejamento agregado da produção (PAP), responsável pelo nível tático da empresa. O PAP relaciona estratégias de médio prazo com as ordens de produção, definindo o que produzir e quando produzir para suprir as respectivas demandas das empresas. Segundo Lustosa e Nanci (2008), o planejamento agregado, quando devidamente explorado, garante a disponibilidade da produção nas quantidades certas antes mesmo da tomada de decisão.

O dimensionamento do PAP não é uma tarefa muito fácil, os dados de demanda e as variáveis decorrentes do processo não são muito simples. Além do mais a forte variação da sazonalidade de alguns produtos pode influenciar diretamente nas estratégias de direcionamento das metas da empresa. Via de regra, variáveis mais relevantes para o planejamento agregado estão relacionadas aos custos básicos de produção, de estoques, de falta de estoques, de contratação, demissão e subcontratações.

Sendo assim, o plano agregado de qualquer empresa tem como principal objetivo a redução dos custos e também a maximização dos lucros, visando sempre o ganho de competitividade perante à concorrência. Entretanto, é notável que o mercado competidor é um forte aliado na busca de tecnologias e novos recursos que possam facilitar a administração da produção, e assim, melhorar o rendimento da empresa. Fornecer o produto ideal, no momento certo e com o menor custos é um grande desafio hoje em dia, mas que por sua vez, garante com que a empresa consiga maiores lucros.

Portanto, em diversas aplicações é possível criação de modelos matemáticos que possam gerar soluções ótimas, utilizando-se a pesquisa operacional como ferramenta auxiliar na tomada de decisões. Assim, os modelos lineares propostos podem trazer resultados significativos com o objetivo de minimizar os custos resultando em uma produção mais balanceada.

Nesse âmbito, o trabalho mostrará através de um problema real a utilização da pesquisa operacional, fazendo com que a modelagem matemática consiga obter os melhores resultados na otimização da função custo.

2. Referencial Teórico

O planejamento e controle de produção defini processos que ocorrem dentro de uma organização, respondendo o que será feito, por quem, como, porquê, com que recursos, onde e quando.

O principal desafio na realização de um planejamento e controle da produção está no controle das informações, onde há maior necessidade de investimento e segurança para a manutenção e disponibilidade da mesma para os usuários, por se tratar de uma fonte integradora e alimentadora entre as áreas da empresa (CONTADOR, 1998).

Além do mais, o PCP dispõe de várias atividades, uma delas é o planejamento agregado de produção, que é um plano com informações sobre a quantidade e o momento para a realização da produção, que utiliza dados e recursos da organização, tais como: capacidade de produção, tempo de produção, as horas extras, os índices de subcontratações, entre outras situações.

“O propósito planejamento agregado é garantir que os recursos básicos para a produção estarão disponíveis, em quantidade adequadas, quando for decidir sobre o quanto produzir de cada produto, antes mesmo que tal decisão seja tomada” (LUSTOSA & NANCI. 2008)

Fernandes e Godinho Filho (2010) afirma que o foco planejamento agregado é um grupo de produtos que possuem características semelhantes, proporcionando um erro menor em termos de produção, do que se fossem avaliados separadamente.

Com isso, segundo Bitran et al. (1982) Pesquisa Operacional como uma importante ferramenta que pode ser usada no auxílio à tomada de decisões. Essa tem encontrado, no planejamento da produção, um vasto campo para aplicação.

De acordo com Hillier & Lieberman (1988), a pesquisa operacional pode ser descrita como uma abordagem científica à tomada de decisões que envolvem as operações de sistemas organizacionais. Para estes autores, a abordagem da pesquisa operacional é a do método científico.

A modelagem dos problemas de pesquisa operacional consiste em definir uma função-objetivo (que deverá ser maximizada ou minimizada), as restrições do sistema e as variáveis de decisão a serem consideradas na busca da solução ótima (Johnson & Montgomery, 1974).

As principais etapas da pesquisa operacional segundo Winston (1994), compreendem formulação do problema, estudo do sistema, formulação do modelo matemático, aplicação e ajuste do modelo matemático, seleção de uma solução, apresentação dos resultados, implementação e avaliação de recomendações.

Programação Linear é uma técnica matemática que tem sido usada para modelar diferentes tipos de problemas gerenciais com o objetivo de encontrar a solução ótima, ou a melhor solução, para um dado problema de pesquisa operacional. É composta por um objetivo (chamado de função-objetivo) e um grupo de equações e/ou inequações (chamadas de restrições), as quais limitaram o valor da função-objetivo.

A programação linear segundo Andrade (2000) é uma ferramenta que pode ser utilizada na organização de transportes, determinação de política de estoques, estudos de fluxos de caixa e investimentos, estudos de sistemas de informações, além dos tradicionais problemas de produção de mistura de componentes.

O método simplex, conforme Fernandes e Godinho Filho (2010), é um algoritmo, que procura otimizar uma função objetiva de um modelo matemático linear, considerando-se algumas restrições lineares.

O Solver é uma ferramenta do Excel que permite fazer simulações em sua planilha, sendo utilizado, neste caso para a minimização de custo, através de uma função objetiva, com mais de uma variável e com restrições de parâmetros.

3. Materiais e Métodos: O estudo de casa

Para o desenvolvimento da otimização do planejamento agregado da produção através de uma modelagem foi realizado um estudo de caso, em uma indústria de pequeno porte do ramo alimentício no oeste do Paraná. Para maior segurança da empresa foi utilizado o nome fictício Forneados por ser a linha de produtos principal desta marca, e, por fim os dados utilizados também foram proporcionalmente alterados para manter o sigilo da empresa estudada, todavia o método utilizado é válido e aplicável em qualquer outra indústria.

A Forneados atua no setor alimentício a mais de 30 anos, os principais produtos se concentram na linha forneados, ou seja, produtos farináceos como biscoitos, pães e bolos. Além desses produtos a empresa conta com uma linha diversificada de produtos consumidos especialmente em datas comemorativas. Um dos principais produtos sazonais são os panettones que aumentam consideravelmente a produção com as festas de finais de ano, onde há maior procura.

A partir de dados das demandas dos anos anteriores a Forneados pretendia programar a produção de panettones para os meses de outubro e novembro em vista que há uma previsão de aumentar a procura desses produtos durante novembro e dezembro. Entretanto era indispensável minimizar os custos de produção e otimizar o uso da matéria prima e mão de obra, que possui algumas restrições de custos, capacidade e tempo disponível a fim de oferecer um produto mais competitivo no mercado.

Para a criação do modelo foi obtido os dados de produção diretamente com o PCP (Planejamento e Controle da Produção) da fábrica, no qual já havia a previsão de demanda para os dois meses que a produção aumentaria e também todos os custos que a fábrica detinha como: matéria prima, mão de obra, horas extras, subcontratações, estoque, produtos acabados e demais custos fixos.

Com base nos dados e com a utilização de planilhas do Microsoft Excel 2016, foi montado o modelo de programação linear e suas respectivas restrições de produção, a fim de se obter os melhores resultados para minimização de custo e garantir com que a empresa conseguisse suprir sua demanda programada, sem que precisasse alterar o preço de seus produtos. Posteriormente, com o auxílio do Solver (Suplemento do Microsoft Excel) foi executado a função objetivo e obtido o melhor resultado para a Forneados durante esses dois meses.

Sendo assim, foi gerado o quadro apresentada a seguir com as respectivas variáveis que influenciam diretamente no processo, bem como os custos, previsão de demanda, quantidade de horas disponíveis e tempos de produção. A partir desses dados foi possível a criação da função objetivo com a minimização de custo e as respectivas restrições do processo, tendo como principal objetivo facilitar a visualização dos resultados obtidos após a execução do modelo linear proposto.

Quadro 1 – Variáveis do Processo

1	Demanda de panettones para o mês de novembro	4000 Unidades
2	Demanda de panettones para o mês de dezembro	6000 Unidades
3	Quantidade produzida em outubro	X_1
4	Quantidade produzida em novembro	X_2
5	Custo de matéria prima	R\$ 6,00 / unidade
6	Custo de mão de obra	R\$ 3,85 / unidade
7	Custo de manutenção de estoque em outubro	R\$ 1,25 / unidade
8	Custo de manutenção de estoque em novembro	R\$ 0,80 / unidade
9	Custos fixos	R\$ 4.000,00 / mês
10	Tempo disponível	180 horas / mês
11	Tempo médio de fabricação	3 min / unidade

12	Custo de horas extras em outubro	R\$ 6,50 / unidade
13	Custo de horas extras em novembro	R\$ 7,00 / unidade
14	Quantidade produzida com horas extras em outubro	H_1
15	Quantidade produzida com horas extras em novembro	H_2
16	Horas extras disponíveis	46 horas / mês
17	Custo de subcontratações em outubro (produto acabado)	R\$ 14,70 / unidade
18	Custo de subcontratações de novembro (produto acabado)	R\$ 15,20 / unidade
19	Quantidade de produtos de subcontratações em outubro	S_1
20	Quantidade de produtos de subcontratações em novembro	S_2

Fonte: Autoria própria

4. Resultados

Para criação do quadro 1 foi necessário um pequeno estudo para entender como cada variável poderia influenciar no plano agregado da empresa Forneados. Todos os custos e tempos de operação foram transformados em valores unitários por unidade produzida, com o intuito de facilitar a elaboração das restrições do processo, e assim criar uma modelagem mais simplificada que atendesse a necessidade de redução de custos da empresa.

Desta forma, as demandas previstas do produto são os fatores chaves na determinação de quantos panettones estará sendo produzido em cada mês, porém é notório que as horas disponíveis e o tempo de produção de cada unidade não são suficientes para suprir o programado, havendo a necessidade de produção em horas extras ou subcontratações no qual encarecem o produto. Nesse caso as variáveis de custo de matéria prima, mão de obra, manutenção de estoque e custos fixos devem ser minimizados, ou seja, a maior produção deve concentrar-se nas variáveis com menores custos de produção, obtendo assim um produto mais barato, fortalecendo a competitividade.

O custo total da produção é obtido a partir das quantidades produzidas em horas normais somadas com as quantidades em hora extra e as subcontratações, dessa forma foi possível determinar a função objetivo (F.O.) no qual resultaria no custo total da empresa Forneados durante esses dois meses. Assim temos:

$$\text{F.O.} = 6X_1 + 6X_2 + 3,85X_1 + 3,85X_2 + 1,25X_1 + 0,80X_2 + 6H_1 + 6H_2 + 6,5H_1 + 7H_2 + 1,25H_1 + 0,80H_2 + 4000 + 4000 + 14,70S_1 + 15,20S_2 + 1,25S_1 + 0,80S_2$$

Pode-se simplificar a F.O. a partir da soma dos termos em comum no qual os custos que se incidem em cada produto de acordo com o tipo de produção (Horas normais, horas extras ou subcontratações):

$$\text{F.O.} = 11,10X_1 + 10,65X_2 + 13,75H_1 + 13,80H_2 + 15,95S_1 + 16S_2 + 8000$$

Além da função objetivo houve a necessidade de criar seis restrições nos quais influenciam diretamente no sistema, tais limitações estão interligadas com a capacidade de produção, tempo disponível, quantidades mínimas e demais custos. Cada restrição possui uma respectiva justificativa no qual está listada abaixo:

Restrição 1 - Garante com que o mínimo produzido em outubro e novembro seja maior que a demanda programada para os dois meses (novembro e dezembro):

$$X_1 + X_2 + H_1 + H_2 + S_1 + S_2 > 10000.$$

Restrição 2 e 3 - Assegura que as horas extras mensais não ultrapassem 46 horas mensais, logo as produções em horas extras devem ser inferiores que 920 produtos em cada mês:

$$H_1 < 920$$

$$H_2 < 920$$

Restrição 4 e 5 - Está relacionada com a capacidade de produção máxima da empresa em relação ao tempo disponível de trabalho, ou seja, a quantidade máxima que a empresa conseguirá produzir nos meses de outubro e novembro:

$$X_1 < 3600$$

$$X_2 < 3600$$

Restrição 6 - Equivale aos custos fixos resultantes em cada mês de operação, sendo aplicado o valor 2 em que equivalem aos 2 meses de produção programado:

$$\text{Custo Fixos} = 2$$

Restrição 7 - Garante que o algoritmo simplex retorne apenas valores positivos e inteiros por se tratar de quantidades de produtos:

$$X_1, X_2, H_1, H_2, S_1 \text{ e } S_2 > 0 \cap \mathbb{N}$$

Com o auxílio do software Microsoft Excel foi possível a criação de uma planilha com a respectiva modelagem do problema apresentado pela empresa Forneados como mostra a figura 1, apresentada a seguir:

Figura 1 - Modelagem do planejamento agregado da produção

Variáveis	X ₁	X ₂	H ₁	H ₂	S ₁	S ₂	Custos fixos		
Função Objetivo	R\$11,10	R\$10,65	R\$13,75	R\$13,80	R\$15,95	R\$16,00	R\$4.000,00	R\$ -	
Restrição 1	1	1	1	1	1	1	-	0	≥ 10000
Restrição 2	-	-	1	-	-	-	-	0	≤ 920
Restrição 3	-	-	-	1	-	-	-	0	≤ 920
Restrição 4	1	-	-	-	-	-	-	0	≤ 3600
Restrição 5	-	1	-	-	-	-	-	0	≤ 3600
Restrição 6	-	-	-	-	-	-	1	0	= 2

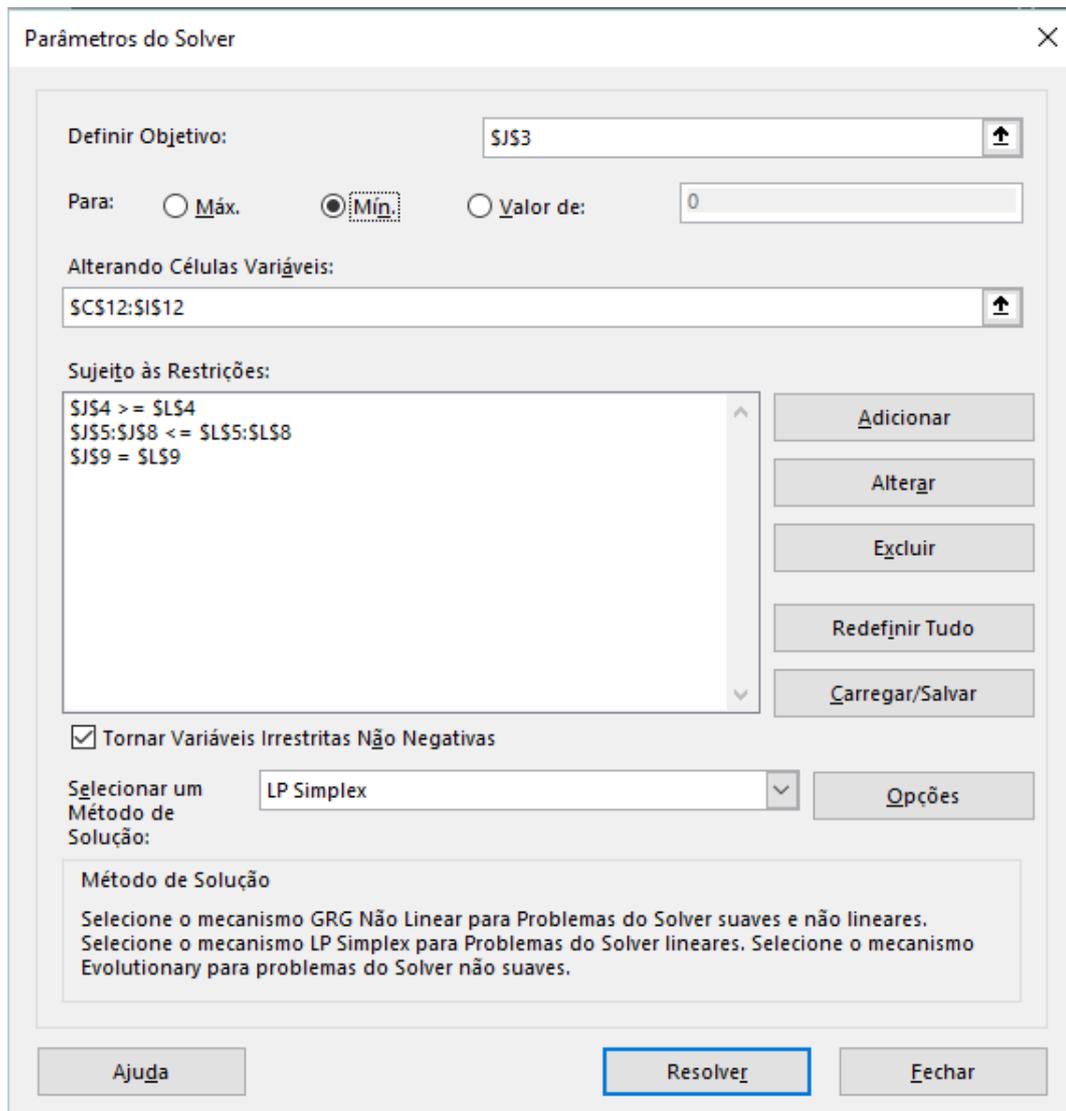
Solução	X ₁	X ₂	H ₁	H ₂	S ₁	S ₂	Custos fixos
Quantidades							

Fonte: Autoria própria

A partir da modelagem acima foi possível representar de forma visual a função objetivo do problema e suas respectivas restrições. As células marcadas de verde representam as quantidades de produtos que cada variável deverá produzir de modo que minimizem o custo do problema.

Na figura 2, apresentada abaixo, tem-se a interface da execução do Solver, suplemento do Excel que executará o algoritmo simplex, trazendo o resultado ótimo que no caso deste problema, deverá suprir as demandas previstas além de minimizar os custos de produção. Para a solução do modelo foram definidos o objetivo e o tipo do problema (Minimização ou maximização), as células que receberão os resultados, e posteriormente inserido as restrições do planejamento agregado para assim obter-se a solução ótima.

Figura 2 - Inserção dos dados e execução do suplemento solver



Fonte: Microsoft Excel - Solver

Ao clicar em resolver, o suplemento solver executa o algoritmo de programação linear simplex e resulta as quantidades ótimas do planejamento agregado a fim de minimizar a função objetivo, ou seja, apresenta as soluções para as variáveis do processo no qual possa obter os menores custos possíveis.

Desta forma, obtemos na figura 3 apresentada a seguir, os resultados da modelagem criada para a empresa no qual apresenta o mínimo de custo gerado para suprir a demanda prevista sem que ultrapasse nenhuma restrição do sistema.

Figura 3 - Resultados obtidos com a programação linear

Variáveis	X ₁	X ₂	H ₁	H ₂	S ₁	S ₂	Custos fixos			
Função Objetivo	R\$11,10	R\$10,65	R\$13,75	R\$13,80	R\$15,95	R\$16,00	R\$4.000,00	R\$ 126.958,00		
Restrição 1	1	1	1	1	1	1	-	10000	>=	10000
Restrição 2	-	-	1	-	-	-	-	920	<=	920
Restrição 3	-	-	-	1	-	-	-	920	<=	920
Restrição 4	1	-	-	-	-	-	-	3600	<=	3600
Restrição 5	-	1	-	-	-	-	-	3600	<=	3600
Restrição 6	-	-	-	-	-	-	1	2	=	2

Solução	X ₁	X ₂	H ₁	H ₂	S ₁	S ₂	Custos fixos
Quantidades	3600	3600	920	920	960	0	2

Fonte: Autoria própria

Após a interpretação dos dados acima, temos como resultado um custo mínimo para produção de R\$ 126.958,00 para que se possa produzir a demanda de 10 mil unidades de panettones. O custo total é composto pela produção de outubro (3600 unidades na capacidade normal, 920 unidades produzidos em horas extras e 960 unidades terceirizadas por subcontratações) somada com a produção de novembro (3600 unidades em capacidade normal e 920 unidades em horas extras) e acrescido os custos fixos dos dois meses (R\$ 8.000).

Se eventualmente a produção não atender as respectivas quantidades apontadas pela programação linear o custo de produção será aumentado. Como consequência o planejamento agregado da empresa não estará mais otimizado, acarretando em custos indesejáveis como o aumento do preço final ou diminuição dos lucros.

5. Considerações Finais

Mediante a criação de um modelo de programação linear, facilmente montado em planilhas de Excel e executados pelo suplemento solver, pode-se resolver um dos principais desafios do PCP (Planejamento e Controle da Produção) que é o de otimizar o planejamento agregado da produção (PAP) a fim de se obter produtos que se tornam mais competitivos no mercado atual. Tendo em vista que se trata de uma metodologia simples, pode-se obter ótimos resultados.

No caso da empresa estudada, além dos produtos comuns (fabricados o ano todo), trabalha-se com produtos sazonais em datas comemorativas no qual sua demanda aumenta consideravelmente nessas épocas. Portanto, com o mercado altamente competitivo, o planejamento agregado bem dimensionado pode ser uma vantagem perante a concorrência,

produzindo melhores resultados tanto na quantidade de vendas quanto nos faturamentos da empresa.

A Forneados por sua vez, tem conseguido atender seu mercado através de um bom planejamento na administração de seus recursos e necessidades da empresa. Com base no resultado alcançado por meio da modelagem realizada neste artigo, pode-se prever que com o mínimo custo de produção, a empresa conseguirá atender seu mercado consumidor com qualidade e ainda obterá maiores lucros se comparado com os anos anteriores.

Em pesquisas futuras, sugere-se que seja realizado também a modelagem e otimização em aplicações práticas maiores, envolvendo outros produtos e demais variáveis que possam interferir diretamente na produção, fazendo com que se obtenha o mínimo custo ou o máximo lucro. Através de modelos matemáticos mais elaborados pode-se solucionar a programação do plano agregado envolvendo um período maior e produtos mais complexos.

REFERÊNCIAS

AUGUSTO, Diego Barreiros; ALEM, Douglas; TOSO, Eli Angela Vitor. **Planejamento agregado na indústria de nutrição animal sob incertezas**. São Paulo, v. 26, n. 1, p. 12-27, mar. 2016. Disponível em <<https://goo.gl/Q9CJ71>>. Acessado em: 22 fev. 2018.

BASTOS, Leonardo dos Santos Lourenco et al. **Programação Linear De Produção Para Maximização De Receita: Estudo De Caso Em Uma Cervejaria Artesanal**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIII, 2013, Salvador: ABEPRO, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/TqTSyo>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

CEZARINO, Wagner; SILVA FILHO, Oscar Salviano; RATTO, João Ribeiro. **Planejamento Agregado Da Produção: Modelagem E Solução Via Planilha Excel & Solver**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVIII, Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/bwzTj9>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

CORDEIRO, Denislaine Regina et al. **Planejamento Agregado da Produção: Revisão Bibliográfica**. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, IX., 2015, Campo Mourão. Campo Mourão: Facilcam, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/dKGG5B>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

DIAS, I. F.; PAIVA, L. P. S. PAULA, J. F. R.; SILVA, G. **Aplicação da programação linear para otimização do processo produtivo em uma empresa têxtil**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de out de 2014. Anais... XXXIV ENEGEP, 2014.

FERNANDES, Flávio C. F.; FILHO, Moacir, G. **Planejamento e Controle da Produção: dos Fundamentos ao Essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. Tradução Helena L. Lemos. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.

LEMOS, Felipe Kesrouani et al. **Planejamento Agregado Da Produção Em Um Setor De Usinagem De Uma Indústria De Receptores De Rádio**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXVI, 2016, João Pessoa: ABEPRO, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/kZYhsN>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

LUSTOSA, Leonardo; NANCI, Luiz C. **Planejamento Agregado e Planejamento Mestre da Produção**. IN: LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A, QUELHAS, O.L.G; OLIVEIRA, R. Planejamento e Controle da Produção. 1ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2008.

MUNHOZ, José Renato; MORABITO, Reinaldo. **Otimização no planejamento agregado de produção em indústrias de processamento de suco concentrado congelado de laranja**. Gestão da produção, São Carlos, v.17, n.3, p.465-481, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/Breh5e>>. Acessado em: 22 fev. 2018.

NETO, A. R.; TOSATI, M.; DEIMLING, M. F. **Aplicação da programação linear no planejamento e controle da produção**: definição do mix de produção de uma indústria de bebidas. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, 2007, Bauru. Anais... XII SIMPEP, 2007.

OLIVEIRA, Alef Berg de et al. **Aplicação Da Programação Linear Para Otimização Do Faturamento Em Uma Empresa De Produção E Locação De Mesas De Bilhar**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIII, 2013, Salvador: ABEPRO, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/f6ZZYQ>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

PAIVA, Rafael Piatti Oiticica de; MORABITO, Reinaldo. **Planejamento hierárquico da produção em usinas de açúcar e álcool**: modelagem de otimização robusta. Produção. São Paulo, v. 24, n. 3, p. 644-663, set. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/YMVvGL>>. Acessado em: 22 fev. 2018.

PROTO, Luiz Otavio Zavalloni, **Um Modelo para o Planejamento Agregado da Produção e Distribuição, com Múltiplas Localidades e Produção em dois Estágios**. São Paulo. São Paulo, 2006. 167p.

SILVA FILHO, O.S.S; CEZARINO, W; RATTO, J; **Planejamento agregado da produção: modelagem e solução via planilha Excel & Solver**; Revista Produção Online, v.9, n.2, p. 572-599, set. de 2009.

VILETTI, Rafaela et al. **Planejamento Agregado da Produção (PAP)**: Criação de uma Interface Amigável para Simulação de Planos de Produção. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, XI, 2017, Campo Mourão: Facilcam, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/ydfrQB>>. Acesso em: 22 fev. 2018.