



Um estudo sobre a Previsão de Demanda (PD) para gestão da Capacidade Produtiva (CP) e Planejamento Agregado da Produção (PAP) em uma empresa do setor de biotecnologia

Pedro Thomé, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão,

thomepe@gmail.com

Aryelen Caroliny Santos, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão,

aryelencaroliny santos@gmail.com

Priscilla Bassetto, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão,

pri_bass@hotmail.com

Regiane Silva do Espirito Santo, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

regiane.s.e.s@hotmail.com

Rony Peterson da Rocha, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

ronypeterson_eng@hotmail.com

Com a busca incessante por redução de custos e desperdícios, as organizações vêm investindo cada vez mais em seu Planejamento e Controle da Produção (PCP). Cabe ao PCP utilizar informações de Previsão de Demanda (PD) para contribuir nas alternativas que influenciem na Capacidade Produtiva (CP) e no Planejamento Agregado da Produção (PAP) de uma organização. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de CP, PD e PAP em uma empresa do setor de biotecnologia. A pesquisa classifica-se quanto aos métodos de abordagem como quantitativa e qualitativa, quanto aos fins como descritiva e quanto aos meios como bibliográfico e a coleta de dados feita in-loco na empresa. Com o estudo foi possível analisar os índices de CP da empresa, definir o método da Média Móvel Ponderada (MMP) com seis períodos para realizar a Previsão de Demanda (PD), e por fim, a elaboração do Planejamento Agregado de Produção (PAP).

Palavras-chave: Previsão de Demanda; Planejamento Agregado; Capacidade Produtiva.

1. Introdução

As circunstâncias atuais do cenário de competitividade global entre as organizações levam as mesmas a buscarem cada vez mais, reduzir seus custos operacionais e melhorar a lucratividade. Um mecanismo para atingir a redução dos custos operacionais é por meio da gestão do sistema de produção. Davis *et al.* (2001) defendem que a gestão da produção pode ser definida como o gerenciamento dos recursos diretos que são necessários para a obtenção dos produtos e serviços de uma organização. Neste sentido, dentre as áreas e/ou subáreas da Engenharia de Produção citadas pela ABEPRO (2008), destaca-se o Planejamento e Controle da Produção (PCP).

O PCP trabalha com a coordenação e aplicação dos recursos produtivos, com o objetivo de responder as decisões que envolvem “o que, quanto e quando produzir, comprar e entregar”, além de “quem e/ou onde e/ou como produzir” (LUSTOSA; NANCI, 2008). Dentre as atividades desenvolvidas no PCP, destaca-se a Previsão de Demanda



(PD), gestão da Capacidade de Produção (CP) e Planejamento Agregado da Produção (PAP).

Chopra e Meindl (2003) apresentam que a PD é a base para muitas decisões estratégicas em uma cadeia de suprimentos. Martins e Laugení (2005) declaram que a PD é importante para utilizar as máquinas de maneira adequada, para realizar a reposição dos materiais no momento e na quantidade certa, e para que todas as demais atividades necessárias ao processo industrial sejam adequadamente programadas. Assim, a partir da PD é desenvolvido no PCP alguns planos de produção, tal como, o PC e PAP.

O PC é a tarefa de determinar a capacidade da operação produtiva, de forma que ela possa responder à demanda, isto é, decidindo como a operação deve reagir a flutuações na demanda. O PAP é uma programação preliminar e aproximada das operações gerais de uma organização que satisfaça a PD a um custo mínimo (MEREDITH; SHAFER, 2002).

Nesse contexto o presente artigo tem por objetivo apresentar um estudo sobre o PCP, especificamente em relação a um diagnóstico sobre a Capacidade Produtiva (CP), Previsão de Demanda (PD) e Planejamento Agregado de Produção (PAP) em uma empresa do setor de biotecnologia. Especificamente, o estudo objetivou realizar a PD para utilização na formulação de PAP e análise da CP da empresa em questão.

2. Referencial Teórico

2.1 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

As atividades do Planejamento e Controle da Produção (PCP) são distribuídas em três níveis hierárquicos (estratégico; tático e operacional) de planejamento e controle das atividades produtivas de um sistema de produção. No nível estratégico são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa e formulado o Planejamento Estratégico da Produção, resultando em um Plano de Produção. No nível tático são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção, conhecido como Planejamento Mestre da Produção (PMP) (TUBINO, 2007). Para que cada uma dessas atividades seja realizada, são necessários alguns pré-requisitos (Previsão de Demanda (PD); Planejamento da Capacidade (PC) e; Roteiro de Produção), tal como visualizado na Figura 1. Nesse referencial, será destacado as atividades de PD, PC e Planejamento Agregado da Produção (PAP).

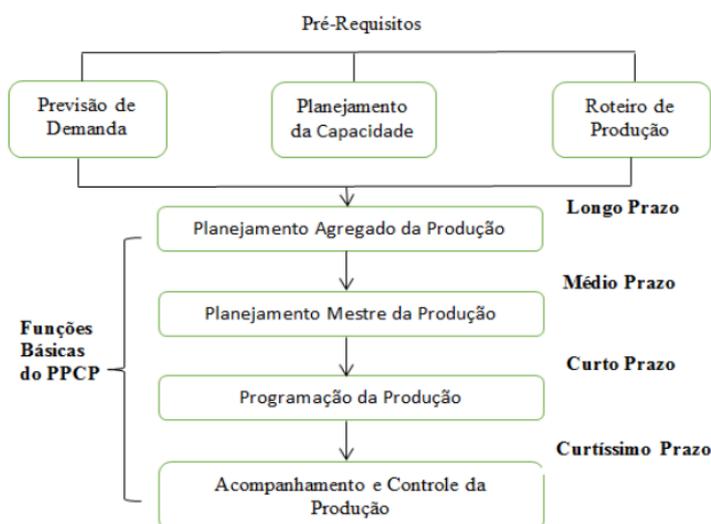


FIGURA 1 – Níveis hierárquicos do PCP. Fonte: Rocha *et al.* (2012).



2.1.1 Previsão de Demanda (PD)

A Previsão da Demanda (PD) é um pré-requisito necessário à maioria das atividades empresariais (LOPES, 2002) e (RITZMAN; KRAJEWSKI; MALHOTRA, 2009). É considerada a base para o Planejamento Estratégico da Produção, Vendas e Finanças de qualquer empresa e, dentro do processo de PCP é apresentada como uma de suas principais atividades (FIGUEREDO, 2008).

Uma boa PD pode proporcionar as organizações vantagem competitiva, onde sua utilização auxilia na tomada de decisão de diversas áreas (VEIGA *et al.*, 2010). Conforme Lustosa *et al.* (2008), do ponto de vista do PCP, estas previsões podem ser utilizadas nas decisões referentes ao Planejamento da Capacidade (PC), ao Planejamento Agregado da Produção (PAP), a Programação da Produção (PP) e ao Acompanhamento e Controle da Produção (ACP).

A realização de uma PD implica na utilização de métodos específicos de previsão. Para Slack *et al.* (2009), os métodos utilizados em PD podem ser classificados como qualitativo (baseado em opiniões, experiências passadas e adivinhações) e quantitativo (baseado em histórico de vendas). Neste estudo serão abordados os métodos quantitativos de PD, especificamente o de Média Móvel Simples (MMS), Média Móvel Ponderada (MMP) e Média Móvel Exponencial Móvel (MME).

a) Média Móvel Simples (MMS)

De acordo com Morettin e Toloi (2004) a denominação de Média Móvel Simples (MMS) é dada pelo princípio de que a cada espaço de tempo a última observação será utilizada para substituir sua antecessora. Segundo Rasgadade (2009) o MMS pode ser considerado um dos mais fáceis de ser aplicado devido a simples compreensão dos elementos estacionários. De acordo com Tubino (2009), a PD, a partir deste método, pode ser obtida pela Equação 1.

$$Mm = \frac{\sum_{i=1}^n Di}{n} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: (M: Média móvel de n períodos; D: Demanda ocorrida no período i ; N : Número de períodos; I : Índice do período ($i = 1, 2, 3 \dots$)).

b) Média Móvel Ponderada (MMP)

No método da Média Móvel Ponderada (MMP), as demandas dos períodos mais recentes recebem um peso maior que as demandas mais antigas, associando os maiores pesos aos meses mais recentes (DIAS, 2010). Para se calcular a previsão a partir do método MMP pode-se utilizar a Equação 2.

$$M_t = \alpha_{t-1} \cdot D_{t-1} + \alpha_{t-2} \cdot D_{t-2} + \dots + \alpha_{t-n} \cdot D_{t-n} \quad \text{Equação 2}$$

Em que: (M_t : Média móvel ponderada para o período t ; α_{t-1} : peso atribuído ao período $t-1$; D_{t-1} : demanda do período $t-1$; N : número de período considerados na média da previsão).

c) Média Exponencial Móvel (MEM)

O método da Média Exponencial Móvel (MEM) parte do pressuposto que uma nova previsão é gerada com base na previsão anterior e calculado o erro cometido, este erro é corrigido por um coeficiente de ponderação (TUBINO, 2009). A MEM pode ser obtida por meio da Equação 3.



$$M_t = M_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - M_{t-1}) \quad \text{Equação 3}$$

Em que: (Mt: Previsão para o período t; M_{t-1} : Previsão para o período t-1; α : Coeficiente de ponderação; D_{t-1} : Demanda do período t-1).

2.1.1.1 Manutenção e Monitoração do Modelo

Conforme Tubino (2009), uma vez implantada a técnica de PD deve-se acompanhar o desempenho, por meio de monitorações a fim de manter o modelo atualizado. Para este fim, realiza-se o cálculo e acompanhamento do erro da previsão.

Toda PD terá uma margem de erro, sendo que quanto maior o horizonte de planejamento, maior será a incerteza das previsões (TUBINO, 2006 *apud* PIMENTEL, CRUZ; GUERREIRO, 2016).

Dessa maneira, Tubino (2009) apresenta uma forma de cálculo, o MAD (*Mean Absolute Deviation*), no qual consiste na somatória do módulo da diferença entre a Demanda atual (D_{atual}) e a Demanda prevista (D_{prevista}) dividido pelo Número de períodos (n), como mostra a Equação 4.

$$\text{MAD} = \frac{\sum |D_{\text{atual}} - D_{\text{prevista}}|}{n} \quad \text{Equação 4}$$

Em relação ao gráfico de controle, Tubino (2007 *apud* Martins, *et al*, 2017) afirma que determinam-se os limites inferiores e superiores a partir do 4MAD, que equivale a aproximadamente três desvios padrões, para cima ou para baixo. Geralmente, compara-se o valor do Erro acumulado (E) com o valor do 4MAD, a fim de verificar se os resultados se encontram dentro dos limites estabelecidos do gráfico de controle. O erro acumulado está apresentado na Equação 5.

$$E = D_{\text{atual}} - D_{\text{prevista}} \quad \text{Equação 5}$$

2.1.2 Planejamento da Capacidade (PC)

A Capacidade de Produção (CP) da empresa constitui o potencial de que ela dispõe e representa o volume ideal de produção de produtos e/ou serviços que a empresa pode realizar (KATO; TAKAKI; SOUZA, 2003).

Segundo Watts *et al.* (2009) a medida da CP ajuda a identificar o grau de produção relativa *versus* a utilização não produtiva, o modo no qual a CP é mensurada e relatada afeta as decisões gerenciais, assim como o desempenho econômico da empresa. O Cálculo da CP pode variar dependendo da aplicação e dos dados e da filosofia da instituição, de modo geral, Salim (2001) define a CP realizada como a relação do valor observado e alguma medida de capacidade de escoamento.

Peinado e Graeml (2007) apresentam quatro tipos de CP, sendo estas: Capacidade Instalada (CI), Capacidade Disponível ou de Projeto (CDP), Capacidade Efetiva (CE) e Capacidade Realizada (CR).

2.1.2.1 Capacidade Instalada (CI)

Segundo Peinado e Graeml (2007) a Capacidade Instalada (CI) é o que pode ser produzido em uma jornada de trabalho ininterrupta, ou seja, 24 horas de trabalho por dia sem que nenhuma perda aconteça por todos os dias possíveis. As perdas podem ser: perdas com manutenções; *setups* de máquina; falta de material ou outros motivos que possam ocorrer em uma unidade produtiva.



2.1.2.2 Capacidade Disponível ou de Projeto (CDP)

A Capacidade Disponível (CDP) é considerada em função da jornada de trabalho que a empresa adota, ou seja, é a quantidade que uma empresa pode produzir durante sua jornada de trabalho normal que a empresa tem disponível, sem levar em consideração qualquer tipo de perda (STAUDT *et al.*, 2011). Existem duas formas de aumentar a CD, aumentando a capacidade instalada e aumentando os turnos de trabalho.

Slack *et al.* (2009) diz que o grau de disponibilidade pode ser encontrada através da multiplicação da velocidade máxima de operação pelo tempo de operação da planta, portanto, para encontrar este índice deve ser utilizado a Equação 6.

$$GD = \frac{CD}{CI} \quad \text{Equação 6}$$

Onde GD: Grau de Disponibilidade; CD: Capacidade Disponível; e CI: Capacidade Instalada.

2.1.2.3 Capacidade Efetiva (CE)

Capacidade Efetiva (CE) representa a CD subtraindo-se as perdas planejadas desta capacidade, por exemplo, parada de *setups* das máquinas, manutenções preventivas, troca de turnos, amostragem da qualidade, sabendo que, a CE não pode exceder a CD (ALBERTO, 2016).

Segundo Alberto (2016) a CD e a CE, permitem a informação de um índice, denominado grau de utilização, que representa quanto uma unidade produtiva está utilizando da sua CD, conforme Equação 7:

$$GU = \frac{CE}{CD} \quad \text{Equação 7}$$

Onde GU: Grau de Utilização; CE: Capacidade Efetiva; e CD: Capacidade Disponível.

2.1.2.4 Capacidade Realizada (CR)

Segundo Staudt *et al.* (2011) a Capacidade Realizada (CR) pode ser obtida ao subtrair as perdas não planejadas da CE, isto é, significa a capacidade que realmente aconteceu em um determinado período. Peinado e Graeml (2007) apresentam um índice de eficiência que representa o desempenho da produção para o trabalho programado em termos percentuais, demonstrado pela Equação 8:

$$IE = \frac{CR}{CE} \quad \text{Equação 8}$$

Onde IE: Índice de Eficiência; CR: Capacidade Realizada; e CE: Capacidade Efetiva.

O índice da Equação 8 demonstra o que a empresa consegue produzir a partir da programação da demanda.

2.1.3 Planejamento Agregado da Produção (PAP)

O Planejamento Agregado da Produção (PAP) visa garantir que os recursos básicos para a produção estarão disponíveis, nas quantidades adequadas, antes mesmo de ser decidido sobre a quantidade a ser produzida (LUSTOSA; NANCI, 2008).

De acordo com Wantroba, Oliveira e Scandelari (2003) o PAP concilia a capacidade de fornecimento da produção com a demanda, obtendo o menor custo possível



ao mesmo tempo em que atende os objetivos e estratégias gerais da organização. Os produtos são agregados em famílias, o que permite uma maior assertividade na previsão de demanda (STEVENSON, 2001 *apud* WANTROBA, OLIVEIRA; SCANDELARI, 2003).

3. Metodologia

O método de abordagem utilizado pode ser classificado segundo Creswell (2007) como misto, isto é, quantitativo e qualitativo, devido ao levantamento de dados numéricos, utilização de modelos matemáticos e pela realização de entrevistas e interpretação dos resultados.

Quanto aos fins define-se como descritiva, pois buscou descrever as características e relações entre os tópicos abordados e explicativa, em razão da interpretação e explicação dos resultados obtidos (CRESWELL, 2007). Quanto aos meios, pode ser classificada como bibliográfica por utilizar como base livros e artigos científicos de anais referentes ao assunto abordado (CRESWELL, 2007). E de acordo com Gil (1999), como estudo de caso, uma vez que foi realizada com dados coletados in loco em uma empresa, denominada como “Empresa Alfa”.

Os dados foram coletados por meio de entrevistas com um dos responsáveis pelo setor de produção e Recursos Humanos (RH), no período de agosto de 2018. Primeiramente realizou-se um levantamento do histórico da demanda entre os anos de 2016 e 2018 de três produtos. A partir dos valores de demanda e com o auxílio do *software Microsoft Office Excel 2016*, foi possível o cálculo da PD de julho a dezembro de 2018 pelos métodos da MMS, MMP e MME. Em seguida coletou-se dados de CP, Custos, Quantidade de Funcionários, Horas Trabalhadas, entre outros para o desenvolvimento do PAP. O objetivo do PAP desenvolvido foi para a minimização dos custos. Para o desenvolvimento do PAP foi utilizada a ferramenta *Solver* presente no *software Microsoft Office Excel 2007*.

4. Resultados e Discussões

O estudo foi realizado em uma empresa do setor de biotecnologia, denominada neste estudo como “Empresa Alfa”. A Empresa Alfa é responsável pela fabricação de equipamentos médicos voltados ao tratamento de água de clínicas de hemodiálise, nela os funcionários trabalham 20 dias ao mês em turno de 8 horas, atendendo demandas de todo o Brasil e outros países como Chile, Peru, Bolívia e ampliando para toda a América Latina. O propósito da pesquisa é desenvolver um estudo da CP, PD e PAP referente a uma família composta por três produtos, o Reprocessador de Hemodialisador Quality 1, Osmose Reversa Portátil Pura 1 e Osmose Standard. A família foi escolhida pois são os que representam a maior porcentagem de vendas (93%).

4.1 Capacidade Produtiva (CP)

A Empresa Alfa disponibilizou informações referente a CP mensal da linha de produção conforme classificação listada na Tabela 1.

TABELA 1 – Capacidade produtiva.

Classificação	Capacidade (unidades/mês)
Capacidade Instalada (CI)	30
Capacidade Disponível (CD)	24
Capacidade Efetiva (CE)	22
Capacidade Realizada (CR)	20

Fonte: Empresa Alfa (2018).



Desta forma, com a Tabela 1 constatou-se que a CDP difere significativamente com a CR devido aos desperdícios ocorridos e variações de tempo do processo. Na sequência foram realizados os cálculos referentes ao grau de disponibilidade, grau de utilização e índice de eficiência, para analisar a CP da Empresa Alfa. Com a Equação 6 foi obtido o grau de disponibilidade de 80% sem considerar qualquer tipo de perda, sendo necessário que aumente a capacidade instalada ou mesmo a jornada de trabalho. Já com a Equação 7 foi obtido o grau de utilização de 91,66% da CD, onde pode-se constatar que 8,34% são referentes a desperdício da CD com as perdas planejadas, como *setups* e manutenção preventiva que podem ser previstas. E utilizando a Equação 8, foi definido que o índice de eficiência é de 90,9%, com uma discrepância de 9,1% em relação a programação das paradas previstas.

4.2 Previsão de Demanda (PD)

Para o cálculo da PD, foram utilizados os dados de demanda (Unidades de Produtos) fornecidos pela Empresa Alfa, de janeiro de 2015 ao primeiro semestre de 2018. Na Tabela 2 seguem os valores de demanda.

TABELA 2 – Demanda real da família de produtos.

Demanda Real	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2015	11	6	16	13	9	9	25	41	16	22	26	16
2016	15	12	33	10	42	33	6	37	44	17	30	25
2017	11	9	20	19	25	19	16	33	31	18	42	23
2018	18	11	16	21	40	15	-	-	-	-	-	-

Fonte: Empresa Alfa (2018).

Foram realizados os cálculos da MMS, MMP e da MME (Equações 1, 2 e 3). No Quadro 1 estão apresentados os resultados das previsões pelos três métodos.

Previsão de Demanda (PD)	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Média Móvel Simples (MMS)	28	17	15	16	26	25
Média Móvel Ponderada (MMP) ($\alpha_1=0,15$; $\alpha_2=0$; $\alpha_3=0,85$)	22	13	16	20	36	16
Média Móvel Exponencial (MME) ($\alpha = 0,2$)	16	15	15	16	21	20

QUADRO 1 – Previsão de demanda para o segundo semestre de 2018.

Os cálculos foram realizados considerando o histórico dos períodos (2015; 2016; 2017 e; 2018). Os valores dos α das médias MMP e MME foram gerados por meio da ferramenta solver do *software Excel* 2016.

A Figura 2 demonstra graficamente os resultados das PD de julho a dezembro de 2018.

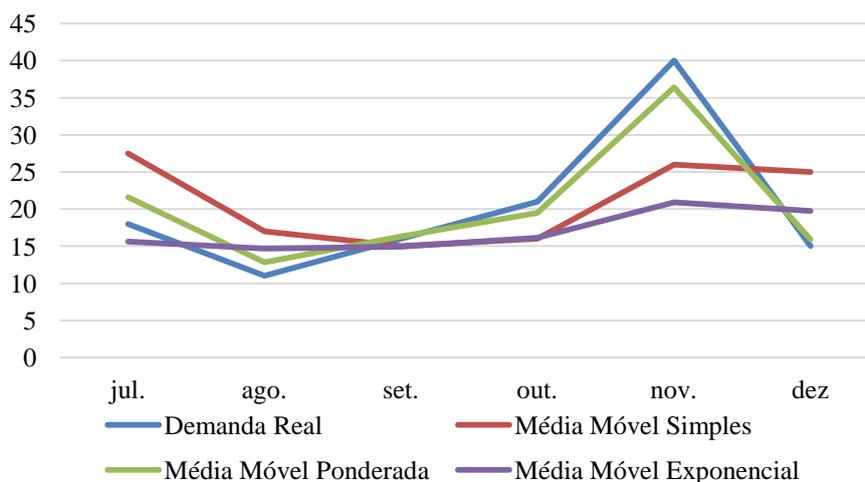


FIGURA 2 – Gráfico das previsões de demanda de julho a dezembro de 2018.

É possível observar na Figura 2 que dentre os três métodos (MMS; MMP; MME), o que mais se aproximou da demanda real foi da Média Móvel Ponderada (MMP). Entretanto, realizou-se o cálculo do MAD (Equação 4) e do erro absoluto (Equação 5), para a confirmar a escolha (Quadro 2).

Erros da Previsão (PD)	MAD	Erro Absoluto
Média Móvel Simples (MMS)	8	47
Média Móvel Ponderada (MMP)	1,95	11,7
Média Móvel Exponencial (MME)	9	35,8

QUADRO 2 – MAD e Erro absoluto das três previsões de demanda.

Com base nos resultados obtidos, o melhor método foi o da MMP (Quadro 3), pois apresenta o menor MAD e erro absoluto.

Previsão de Demanda (PD) – MMP	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Média Móvel Ponderada (MMP) ($\alpha_1=0,15$; $\alpha_2=0$; $\alpha_3=0,85$)	22	13	16	20	36	16

QUADRO 3 – Previsão de demanda (PD) pelo método da média móvel ponderada (MMP).

4.3 Planejamento Agregado de Produção (PAP)

Para o desenvolvimento do PAP, sabe-se que a Empresa Alfa não admite subcontratações, permitindo apenas horas extras. Dessa forma, a presente empresa conta com funcionários polivalentes, ou seja, que atuam em outros setores podendo ser realocados para a produção dos equipamentos que mais necessitam para que a demanda seja atendida.

O sistema adotado pela Empresa Alfa é do tipo de produção puxado, ou seja, produzindo somente após o pedido do cliente, não permitindo estoques de produtos acabados. Dessa forma, considerou-se no PAP que não há custo de manutenção de estoque.

A Empresa Alfa conta com 10 colaboradores na produção, visto que os mesmos são capacitados para agir em toda a linha produtiva do chão de fábrica, ficando disponíveis para serem realocados. Sabe-se que a empresa não trabalha com subcontratações, admitindo apenas horas extras. O custo de mão de obra por hora extra é de R\$ 20,00 e o limite de horas extras é de até 44h.



Dessa forma, o PAP foi desenvolvido para seis períodos, considerando as seguintes restrições:

a) As quantidades produzidas, conforme a Equação 9 devem ser maiores ou iguais a zero, pois não há produção negativa.

$$P_t \geq 0 \text{ para } t=1,2,3,4,5,6 \quad \text{Equação 9}$$

Onde, P_t = Quantidade produzida no mês t .

b) O estoque final do mês anterior somado com a quantidade a ser produzida no mês analisado e subtraído à previsão de demanda do mesmo mês deve ser igual ao estoque final do referido mês, conforme a Equação 10.

$$EF_{t-1} + P_t - dt = EF_t \text{ para } t=1,2,3,4,5,6 \quad \text{Equação 10}$$

Onde, EF_t = Estoque final no mês t ; dt = Previsão de demanda do mês t .

c) A quantidade de horas para cada funcionário fabricar um produto multiplicado com a quantidade a ser produzida, deve ser menor ou igual a disponibilidade de mão-de-obra do referido mês sendo que, esta disponibilidade é considerada a carga horária de trabalho total multiplicado com o número de empregado do mês analisado e o resultado é somado com a quantidade de horas extras que devem ser feitas. A Equação 11 demonstra a presente formulação.

$$h_{put} * P_t \leq C_{dispt} \text{ para } t=1,2,3,4,5,6 \quad \text{Equação 11}$$

Onde, h_{put} = Horas/funcionário para fabricar um produto no mês t ; C_{dispt} = Carga horária disponível no mês t .

d) A quantidade a ser produzida deve ser menor ou igual a quantidade que a empresa consegue produzir, considerando as limitações dos equipamentos e instalações que esta utiliza, conforme a Equação 12.

$$P_t \leq 50 \text{ para } t=1,2,3,4,5,6 \quad \text{Equação 12}$$

e) O número de empregados que a empresa deve possuir no final do mês corrente deve ser o número inicial de empregados do mesmo mês somado com o número de funcionários admitidos e subtraído com os demitidos no mesmo mês, conforme a Equação 13.

$$Empt = Empt-1 + Adt - Dit \text{ para } t=1,2,3,4,5,6 \quad \text{Equação 13}$$

Onde, $Empt$ = Número de empregados no mês t ; Adt = Número de empregados admitidos no mês t ; Dit = Número de empregados demitidos no mês t .

f) A quantidade de horas extras que os funcionários devem executar não deve exceder 25% das horas normais, portanto, esta quantidade deve ser menor ou igual ao valor da percentagem multiplicado com o valor total do produto da carga horária de trabalho com o número de empregado do mês analisado, tal como apresentado na Equação 14.

$$H_{xt} \leq 0,25 * C_{rgt} * Empt \text{ para } t=1,2,3,4,5,6 \quad \text{Equação 14}$$

Onde,

H_{xt} = Quantidade de horas extras feitas no mês t ; $C_{rgt} * Empt$ = produto da carga horária de trabalho mensal pelo número de empregados no mês t .

g) A empresa não trabalha com subcontratação, logo, as horas subcontratadas não devem exceder a 0, conforme a Equação 15.



$$Hst \leq 0 \text{ para } t=1,2,3,4,5,6$$

Equação 15

Onde,

Hxt = Quantidade de horas subcontratadas feitas no mês t.

h) Como a empresa não trabalha com estoque, assim, a restrição é que o estoque seja 0, visto que a produção é puxada, tal como pode ser visualizado na Equação 16.

$$EFt \leq 0 \text{ para } t=1,2,3,4,5,6$$

Equação 16

O objetivo do PAP foi de minimizar os custos de produção, portanto, a função objetivo é dada pela Equação 17.

$$\text{Min. Custo} = \sum_{i=1}^6 (Pt * Cp + Empt * Ce + Adt * Ca + Dit * Cd + Hxt * Chx + Hst * Chs)$$

Equação 17

Onde, Cp = Custo mensal de produzir normalmente; Ce = Salários e encargos mensais dos funcionários; Ca = Custo de admissão; Cd = Custo de demissão; Chx = Custo de hora extra; Chs = Custo de subcontratação.

Dessa forma, foi desenvolvida uma simulação utilizando o *Solver* por meio do software *Microsoft Office Excel 2007*. Assim, chegou-se na solução de minimização do custo total, que por questões de sigilo não será divulgado nesse estudo. A minimização desse custo resultou em um PAP, conforme pode ser visualizado no Quadro 4.

Meses	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Demanda	22	13	16	20	36	16
Nº de empregados	7	6	6	6	6	6
Horas extras	0	0	0	0	0	0
Nº emp. Admitidos	0	0	0	0	0	0
Nº emp. Demitidos	3	0	0	0	0	0
Estoque ao final do mês	0	8	13	15	0	5
Horas Subcontratadas	0	0	0	0	0	0
Produção	22	21	21	21	21	21
hput*P	1144	1105	1105	1105	1105	1105
Estoque final	0	8	13	15	0	5
Empregados	7	6	6	6	6	6
Horas extras	286	276	276	276	276	276
Carga horária disponível	1144	1105	1105	1105	1105	1105

QUADRO 4 - Solução obtida pelo solver para o plano agregado de produção.

5. Considerações finais

O estudo teve como objetivo aplicar conceitos de Capacidade Produtiva (CP), Previsão de Demanda (PD) e Planejamento Agregado de Produção (PAP) na Empresa Alfa. Primeiramente, com a aplicação da CP, verificou-se que a empresa utiliza apenas 80% da capacidade instalada, sendo recomendado um estudo de viabilidade de aumentar a jornada de trabalho para atender toda a capacidade instalada. Além disso, o grau de utilização e índice de eficiência que foram de 91,66% e 90,9% respectivamente, correspondem ao que foi destacado pela própria Empresa em relação as demandas, onde na maioria dos meses extrapolam a capacidade realizada. E assim, é necessário a utilização de horas extras e até mesmo a realocação dos colaboradores na linha de produção.



Em relação a PD, com utilização de três métodos para prever a demanda, constatou-se que a Média Móvel Ponderada (MMP) é a melhor alternativa dentre os métodos pois, as médias assimilam com a demanda real e apresenta o menor MAD e erro absoluto. Ou seja, auxilia no alinhamento do PCP e reduz erros de vendas. E quanto a aplicação do PAP com as restrições e com a utilização do solver obteve-se uma simulação do plano de produção.

Por fim, baseando-se nos resultados com a aplicação dos conceitos de PCP na Empresa Alfa, recomenda-se que a Empresa Alfa realize seu planejamento com base nas PD, Gestão da CP e na formulação de um PAP.

Referências

- CHOPRA, S; MEINDL, P. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- CRESWELL, John W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- DAVIS, M. M; AQUILANO, N. J; CHASE, R.B. *Fundamentos da administração da produção*. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DIAS, M. A. R. *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- FIGUEREDO, C. J. *Previsão de séries temporais utilizando a metodologia Box-Jenkins e Redes Neurais para inicialização de Planejamento e Controle de Produção*. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- GIL, Antonio C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- KATO, A. K.; TAKAKI, E. Y.; SOUZA, G. C. Modelagem da capacidade produtiva através da aplicação da engenharia de métodos em uma empresa de beneficiamento de mármore e granitos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 23., 2003, Ouro Preto, MG, Brasil.
- LOPES, R. D. *Previsão de autopeças: estudo de caso em uma concessionária de veículos*. 2002. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. *Planejamento e controle da Produção*. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.
- LUSTOSA, L.; NANJI, L. C. “Planejamento Agregado e Planejamento Mestre da Produção” In: Planejamento e Controle da Produção. Rio de Janeiro: Campus, 2008.
- MARTINS, G. M. de. S.; CORDEIRO, R. da. G. A.; CARVALHO, E. R. de.; CUMINO, D. M.; BASTOS, L. dos. S. L. *Aplicação do método MRP: Estudo de caso aplicado a uma empresa de pintura*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville, SC, Brasil. 10 a 13 de outubro de 2017. Anais... XXXVII ENEGEP, 2017.
- MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva, 2001.
- MEREDITH, J. R.; SHAFER, S. M. *Administração da produção para MBAs*. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. (2004) – *Análise de Séries Temporais*. Edgar Blucher Ltda: São Paulo 2004.
- PIMENTEL, F. Q. A.; CRUZ, R. G. G.; GUERREIRO, R. P. *Aplicação de técnicas de previsão de demanda em uma loja de materiais de construção*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa, PE, Brasil. 03 a 06 de outubro de 2016. Anais... XXXVI ENEGEP, 2016.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.
- RAGSDALE, C. T. *Modelagem e Análise de Decisão*. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J.; MALHOTRA Manoj. *Administração da produção e operações*. 8ª ed., São Paulo: Pearson/ Prentice Hall, 2009.



SALIM, R. Measuring productive capacity realization of Bangladesh food manufacturing: a random coefficient frontier approach. *Social Science Research Network*, 2001. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=1222402>>. Acesso em: 08 de agosto de 2009.

SLACK, NIGEL et al. *Administração da Produção*. 2ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

STAUDT, F. H., COELHO, A. S., GONÇALVES, M. B.: *Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Marov*. *Produção online*, vol. 21, N°. 4, 2011.

TUBINO, D. F. *Planejamento e controle da produção: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, 2007.

TUBINO, D. F. *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática*, 2 ed., Atlas, São Paulo, SP. 2009.

VEIGA, C. R. P.; VEIGA, C. P.; DUCLÓS, L. C. *A Acurácia dos Modelos de Previsão de Demanda Como Fator Crítico para o Desempenho Financeiro na Indústria de Alimentos*. *Profuturo: Programa de Estudos do Futuro*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 83-107, jul./dez. 2010.

WANTROBA, E.; OLIVEIRA, M. J. de.; SCANDELARI, L. *Planejamento agregado da produção: Uma modelagem para moinho de trigo*. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru, SP, Brasil. 06 a 08 de novembro de 2006. Anais... XIII SIMPEP, 2006.

WATTS, T. et al. Structural limits of capacity and implications for visibility. *Journal of Accounting & Organizational Change*, v. 5, n. 2, p. 294-312, 2009.