

Aplicação dos conceitos de planejamento, programação e controle da produção em um frigorífico de bovinos

Jordana Dorca dos Santos (UNESPAR/Campo Mourão) jordanadorca@gmail.com
Felipe Tobaldini Moreira (UNESPAR/Campo Mourão) felipetobaldini21@gmail.com
Luiz Eduardo Marques Ferreira (UNESPAR/Campo Mourão) duumarques@yahoo.com.br
Pedro Donizeti Spedo Junior (UNESPAR/Campo Mourão) pedroj.spedo@gmail.com
Rony Peterson da Rocha Autor (UNESPAR/Campo Mourão) ronypeterson_eng@hotmail.com

Resumo:

O planejamento e controle da produção (PCP) é um sistema de apoio cujo objetivo é definir o quanto, quando e como produzir, comprar e entregar um determinado produto ou serviço. Cabe ao PCP a análise dos agentes que influenciam na capacidade produtiva de uma organização, realizar a previsão de demanda a fim de alocar os recursos necessários para atendê-la e administrar esses fatores dentro de um determinado período. O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de capacidade produtiva, previsão de demanda e planejamento agregado, realizando o acompanhamento e levantamento dos dados em um frigorífico. A pesquisa aqui proposta classifica-se quanto ao método de abordagem como quantitativa-qualitativa, quanto aos fins como exploratória-descritiva e quanto aos meios como de pesquisa de campo – coletas *in loco*. Com o estudo foi possível analisar os índices de capacidade do frigorífico, definir o método da média móvel simples com quatro períodos para realizar a previsão de demanda, realizando a previsão para o período de outubro a dezembro de 2016 e por fim, a elaboração do planejamento agregado de produção em um horizonte de planejamento de três meses.

Palavras chave: Previsão de demanda; Capacidade Produtiva; Planejamento Agregado.

Application of the concepts of planning, programming and control of production in a beef plant

Abstract

Production Planning and Control (PCP) is a support system whose purpose is to define how much, when and how to produce, buy and deliver a particular product or service. It is the responsibility of the PCP to analyze the agents that influence the productive capacity of an organization, to carry out the forecast of demand in order to allocate the necessary resources to attend it and to administer these factors within a certain period. The present work has as objective to carry out a study of productive capacity, forecast of demand and aggregate planning, carrying out the monitoring and data collection in a refrigerator. The research proposed here is classified as method-of-approach as quantitative-qualitative, for purposes as exploratory-descriptive and for means such as field research - on-site collections. With the study, it was possible to analyze the capacity indices of the refrigerator, to define the simple moving average method with four periods to carry out the forecast of demand, making the forecast for the period from October to December of 2016 and, finally, the elaboration of the planning in a three month planning horizon.

Key-words: Forecast of demand; Productive capacity; Aggregate Planning.

1. Introdução

Nota-se que o processo de globalização tem tornado a competitividade entre as organizações cada vez maior, isto porque atualmente elas não concorrem apenas em nível nacional, mas global. 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). Quando falamos em administrar uma produção, Slack *et al.* (2009) definem como a atividade de gerenciar recursos destinados à produção e disponibilização de bens e serviços, onde atualmente, as empresas encontram dificuldades para programar e prever a demanda do mercado pois, geralmente apresentam um grande *mix* de produtos.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), o planejamento agregado da produção (PAP) busca compatibilizar os recursos produtivos da organização com as demandas agregadas desse *mix* de produtos. Para se ter um bom PAP, é essencial que se tenha um modelo de previsão de demanda bastante eficiente, o qual deve dar condições para que a empresa possa traçar a melhor estratégia, de modo que a sua produção consiga atender a demanda (Santos *et al.*, 2015).

A capacidade produtiva também possui uma grande relação com *mix* de produtos da organização, pois quanto maiores forem às atividades desempenhadas pela empresa, mais difícil é prever seu volume de produção e necessidade de recursos (SLACK *et al.*, 2009). Nesse contexto o presente artigo tem por objetivo realizar um estudo de capacidade produtiva, previsão de demanda e PAP em um frigorífico denominado como Frigorífico X, localizado na região de Campo Mourão – Paraná.

2. Referencial teórico

2.1 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

A programação da produção deve garantir uma alta taxa de utilização das instalações e a sequência da programação da produção dos recursos deve minimizar os tempos de *setup* (MARTINS; LAUGENI, 2005). Para que se tenha um bom planejamento da produção é necessário se ter uma boa previsão de demanda, que a empresa realize um bom PAP e tenha bem definida a sua capacidade produtiva. A Figura 1 apresenta os níveis no horizonte de planejamento de cada uma dessas atividades.

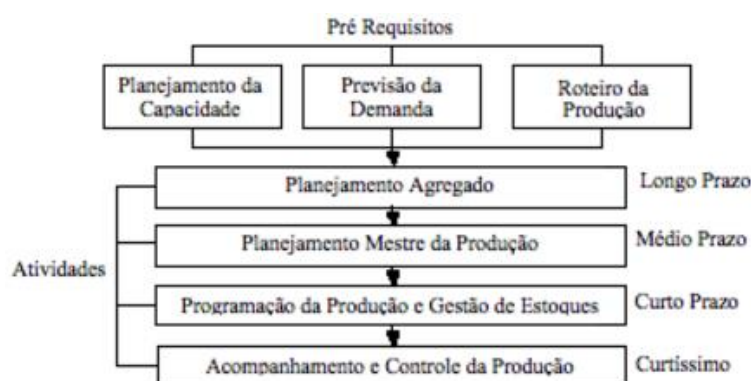


Figura 1- Atividades e pré-requisitos do PCP

Fonte: Castro *et al.* (2014)

2.2. Capacidade Produtiva

De acordo com Slack *et al.* (2009), a capacidade produtiva de uma organização é a quantidade máxima de produtos que a empresa pode produzir em um determinado período que pode ser realizado em condições normais e ideais de operação. O nível de capacidade de uma empresa deve ser ajustado dentro dos limites fixos que são estabelecidos através das decisões de capacidade de longo prazo, portanto, após definir a capacidade de longo prazo, os gestores devem decidir como ajustar a capacidade da operação no médio prazo (NICH, 2015).

Peinado e Graeml (2007) apresentam quatro tipos de capacidade, sendo estas: capacidade instalada, capacidade disponível ou de projeto, capacidade efetiva e capacidade realizada. A partir dessas quatro categorias, é possível obter os índices de capacidade, que serão discutidos nas seções seguintes, juntamente com os tipos de capacidade.

2.2.1. Capacidade Instalada

Para Peinado e Graeml (2007), a capacidade instalada 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.

2.2.2. Capacidade Disponível ou de Projeto

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. Existem duas formas de aumentar a capacidade disponível, aumentando a capacidade instalada e aumentando os turnos de trabalho (PEINADO; GRAEML, 2007). Com uma diferente nomenclatura, mas com a mesma definição Slack *et al.* (2009) diz que esse conceito se chama de Capacidade Teórica de Projeto, onde pode ser encontrada através da multiplicação da velocidade máxima de operação pelo tempo que de operação da planta. Para se encontrar esse índice deve ser utilizada a Equação 1, demonstrada abaixo.

$$GD = \frac{CD}{CI} \quad (1)$$

Em que: (GD: Grau de disponibilidade; CD: Capacidade disponível; CI: Capacidade instalada).

2.2.3 Capacidade Efetiva

Segundo Peinado e Graeml (2007) a capacidade efetiva é a capacidade que representa a produção considerando todas as perdas planejadas, ou seja, perdas que são previstas e corriqueiras no andamento do processo produtivo. O índice formado pela capacidade disponível e pela capacidade efetiva, segundo Peinado e Graeml (2007), é conhecido como grau de utilização, que pode ser encontrado através da Equação 2, demonstrada a seguir.

$$GU = \frac{CE}{CD} \quad (2)$$

Em que: (GU: Grau de utilização; CE: Capacidade efetiva; CD: Capacidade disponível).

2.2.4 Capacidade Realizada

De acordo com Staudt *et al.* (2011), a capacidade realizada pode ser obtida ao subtrair as perdas não planejadas da capacidade efetiva. Segundo Peinado e Graeml (2007) o índice de eficiência da unidade produtora é encontrado a partir da capacidade realizada e da capacidade efetiva utilizando a Equação 3, demonstrada a seguir.

$$IE = \frac{CR}{CE} \quad (3)$$

Em que: (IE: Índice de eficiência; CR: Capacidade realizada; CE: Capacidade efetiva).

2.3 Previsão de Demanda

Previsão de Demanda é a base para o planejamento estratégico da produção, finanças e vendas de qualquer organização, neste sentido as previsões são usadas pelo PCP em duas ocasiões: planejar o sistema produtivo e para planejar o uso desse sistema produtivo (TUBINO, 2009). Há duas formas principais para previsão, que são métodos qualitativos baseados em opiniões, experiências passadas, adivinhações e métodos quantitativos baseadas em análise de séries

temporais e técnicas de modelagem casual (SLACK *et al.*, 2009). Um modelo de previsão de demanda pode ser dividido em cinco etapas conforme o Quadro 1:

Etapa	Descrição
Objetivo do modelo	São definidos os objetivos do modelo de previsão, qual a utilidade do mesmo e quais decisões podem ser tomadas a partir da previsão
Coleta e análise dos dados	É realizada a averiguação da disponibilidade de dados, de modo a identificar uma série histórica que servirá de base no modelo de previsão
Seleção e método de previsão	É feita a escolha do método de previsão de demanda mais apropriado
Obtenção das previsões	As previsões são geradas a partir dos dados obtidos e do método escolhido
Monitoração do modelo	É realizado o monitoramento do desempenho do modelo de previsão, a fim de verificar sua validade

Quadro 1- Etapas de um modelo de previsão de demanda

Fonte: Elaborado a partir de Tubino (2009)

Conforme Tubino (2009), embora a seleção do método de previsão seja apenas uma das etapas do modelo de previsão, sem dúvida é a mais importante. Neste contexto e tendo em vista que há diversos modelos de previsão, foram utilizados apenas quatro métodos nesse artigo: média móvel simples, Média móvel ponderada e Média Exponencial Móvel.

2.3.1 Média Móvel Simples

Na média móvel simples considera-se para a previsão os dados de demanda real de uns determinados períodos anteriores, posteriormente se calcula a demanda média desses períodos e usa essa média como uma previsão para a demanda do próximo período (SLACK *et al.*, 2009). De acordo com Tubino (2009), a previsão de demanda, a partir deste método, pode ser obtida pela Equação 4.

$$Mm = \frac{\sum_{i=1}^n Di}{n} \quad (4)$$

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

2.3.2 Média Móvel Ponderada

Para Gurgel *et al.* (2015), a média móvel ponderada é uma variação da média móvel simples, porém, neste método de previsão é considerado um peso maior para o último período de demanda, um peso ligeiramente menor para o penúltimo período e assim por diante até o último período que se vá utilizar para a estimativa. Para se calcular a previsão a partir deste método pode-se utilizar a Equação 5.

$$M_t = \alpha_{t-1} \cdot D_{t-1} + \alpha_{t-2} \cdot D_{t-2} + \dots + \alpha_{t-n} \cdot D_{t-n} \quad (5)$$

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)

2.3.3 Média Exponencial Móvel

De acordo com Tubino (2009), nessa previsão o peso de cada observação diminui no tempo em progressão geométrica ou de forma exponencial. Cada nova previsão é obtida através da previsão anterior, acrescida do erro cometido na previsão passada e corrigida por um coeficiente de ponderação. A média exponencial móvel pode ser obtida através da Equação 6.

$$M_t = M_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - M_{t-1}) \quad (6)$$

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

2.3.4. MAD

Tendo em vista que os modelos de previsão de demanda são processos sujeitos a desvios do padrão esperado, é necessário o monitoramento do modelo por meio da realização de cálculos e acompanhamento do erro da previsão, sendo a diferença entre o valor previsto e a demanda real (TUBINO, 2009). Ainda conforme Tubino (2009), o gráfico de controle correspondente a 4 MAD permite a verificação da acuracidade dos valores previstos.

Conforme Carvalho (2012), para comparar o desempenho de cada método de previsão, pode-se utilizar medidas de erros, como o MAD (*Mean Absolute Deviation*), que significa Desvio Médio Absoluto, o qual consiste no módulo da diferença entre o previsto e o realizado, conforme apresentado na Equação 7.

$$\frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n} \quad (7)$$

Em que: (D_{atual} : demanda ocorrida no período; $D_{prevista}$: demanda prevista no período; N : número de períodos).

De acordo com Tubino (2009), o gráfico de controle correspondente a 4 MAD permite a verificação da acuracidade dos valores previstos. Tubino (2009) ainda relata a necessidade de uma nova plotagem a cada previsão realizada, onde no surgimento de excedentes aos limites inferior e superior, devem ser tomadas medidas corretivas em relação ao método utilizado para a previsão. Além disso, Tubino (2009) ressalta a importância de se calcular o erro acumulado, sendo este, a somatória da diferença entre a demanda real e prevista, conforme apresentado na Equação 8.

$$E = D_{atual} - D_{prevista} \quad (8)$$

Em que: (E = Erro acumulado; D_{atual} = demanda ocorrida no período; $D_{prevista}$ = demanda prevista no período).

2.4 Planejamento Agregado de Produção (PAP)

Peinado e Gramel (2007), relatam que o objetivo do PAP é tomar decisões prévias de como balancear a demanda com a produção ao menor custo disponível, tomando decisões como: entrar em férias nos períodos de baixa demanda; estocar produtos em períodos de baixa demanda e vendê-los em períodos de alta demanda; trabalhar em regime de horas quando preciso; estabelecer turnos temporais adicionais nos períodos de alta demanda. Lustosa *et al.* (2008) afirma que existem duas abordagens para ajustar a capacidade de produção às metas de venda, as quais são estratégia seguidora e estratégia nivelada, portanto, a seguidora tem o intuito de fazer com que a produção acompanhe as metas de vendas, evitando que se tenha a formação de estoques e a segunda estratégia procura manter o nível de produção constante.

De acordo com Tubino (2009), várias técnicas podem ser utilizadas para auxiliar na elaboração do plano de produção, de modo geral, têm-se duas que são empregadas: técnicas matemáticas e técnicas informais de tentativa de erros. Ainda segundo o autor, as técnicas matemáticas utilizam modelos matemáticos, já as técnicas informais de tentativa de erros, empregam tabelas e gráficos para visualizar as situações desejadas e permitir ao tomador de decisão decidir pela mais viável.

3. Metodologia

O método de abordagem empregado para esta pesquisa foi o quantitativo-qualitativo. Quantitativo por utilizar modelos matemáticos para os cálculos necessários em capacidade

produtiva, previsão de demanda e PAP, além de qualitativo por analisar os resultados obtidos de forma holística, a fim de tanger proposições e melhorias aos casos estudados.

A pesquisa classifica-se por dois critérios, sendo, quanto aos fins e quanto aos meios, como abordado por Vergara (2007). Quanto aos fins como exploratória-descritiva, sendo exploratória por utilizar entrevistas com a gestora do Frigorífico X, além de basear-se na literatura sobre o assunto com a finalidade de levantar informações relevantes para familiarizar com o tema pesquisado e descritiva, pois visa descrever acuradamente todas as etapas estudadas. E por fim, quanto aos meios, o estudo classifica-se como pesquisa de campo – coletas *in loco* e Estudo de Caso realizado em um frigorífico.

4. Resultados e Discussões

4.1. Descrição da Empresa

O Frigorífico, alvo do presente estudo, é um frigorífico especializado no abate de bovinos, que atende a demanda local, operando em torno de 20 dias ao mês em turnos únicos de 8 horas. Com a realização da entrevista com a gestora do Frigorífico X, foi possível identificar uma produção onde as ordens de produção são emitidas, em sua maioria, após o fechamento de pedidos dos clientes. Entretanto, o fato de haver uma demanda flutuante faz com que em determinados períodos haja produção para estocagem, levando em consideração a movimentação das negociações, onde não existe um método claro para realizar a previsão das demandas.

4.2. Capacidade produtiva

O Frigorífico X forneceu, para a realização do estudo, a capacidade produtiva diária de sua linha de produção dentro de 4 categorias, como apresentado na Tabela 1.

Categoria	Capacidade diária (kg/dia)
Capacidade Instalada	67500
Capacidade Disponível	45000
Capacidade Efetiva	39375
Capacidade realizada	31500

Tabela 1- Capacidade de Produção
Fonte: Fornecido pelo Frigorífico X (2016)

Por meio das informações da Tabela 1, foi possível realizar os cálculos dos índices necessários para análise da capacidade produtiva do frigorífico. Primeiramente, utilizando a Equação 1, obteve-se um grau de disponibilidade de 66,66%, indicando que a jornada de trabalho reduz significativamente a capacidade produtiva dos recursos disponíveis. Já para o cálculo do grau de utilização, utilizou-se a Equação 2, onde pode verificar-se que a unidade produtiva utiliza 87,5% de sua capacidade disponível, identificando assim 12,5% de desperdício da capacidade disponível com a realização de *setups* e manutenções preventivas.

Por fim, utilizando a Equação 3, foi constatado que o índice de eficiência da unidade produtiva é de 80%, mostrando uma discrepância de 20% em relação a programação dos *setups* e manutenções preventivas, ocorrendo perda de eficiência principalmente com paradas não planejadas ocorridas devido a falta de colaboradores e quebra de máquinas, como havia sido relatado previamente pela gestora do Frigorífico X.

4.3. Previsão de demanda

Atualmente a previsão de demanda do Frigorífico X, caracteriza-se como uma abordagem qualitativa, pois a previsão é baseada em opiniões e estimativas previstas pelos sócios proprietários. Essa abordagem empregada pela empresa tem um caráter subjetivo e está sujeita alterações por parte dos responsáveis pela mesma, já que não há uma metodologia empregada para se realizar tal fato.

O frigorífico possui um histórico de vendas de seus produtos, entretanto, não é consultado para realizar tal previsão de vendas, o que acaba gerando alguns prejuízos a empresa em seus processos de produção e entrega de produtos acabados aos clientes finais. De tal modo, ao considerar que a previsão de demanda é um dos principais métodos de entrada de informação ao sistema de PPCP, logo, se deve realiza-la a partir de métodos quantitativos alinhados às abordagens qualitativas, para que se possa ter eficácia na organização quanto à venda de seus produtos. Portanto, para realizar a previsão de demanda foram coletados os dados das vendas da família carcaça bovina entre os períodos de janeiro de 2015 a setembro de 2016. A Figura 2 apresenta o gráfico de série temporal da família de produtos em estudo.

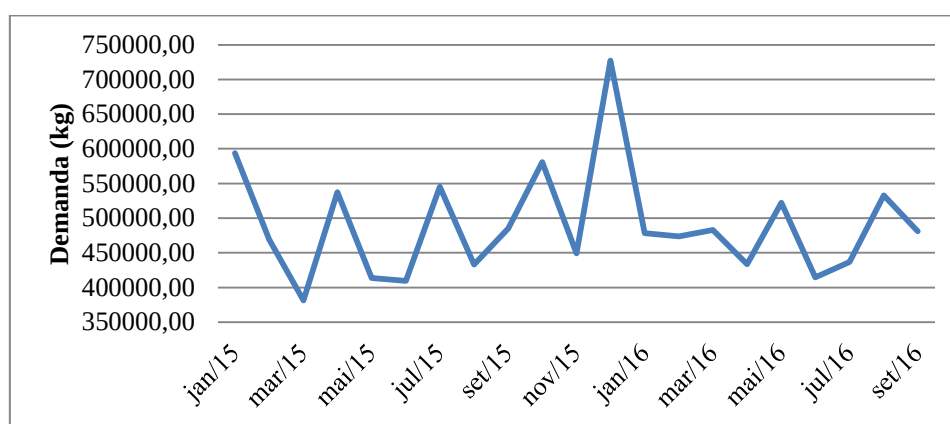


Figura 2- Série temporal de Vendas da Carne Bovina entre os períodos Jan/2015 a Set/2016

Fonte: Fornecido pelo Frigorífico X (2016)

Por meio da utilização do *software* Excel 2007, juntamente as Equações 4, 5 e 6, testaram-se os métodos de previsão quantitativos, como: método da média móvel simples; método da média móvel ponderada; e método da média exponencial móvel.

Para cada método considerado, foi calculado, conforme a Equação 7, o MAD (*Mean Absolute Derivation*), com o objetivo de verificar a acuracidade dos valores previstos e permitir a escolha da técnica mais eficiente para ser utilizada na previsão do produto em estudo. Além disso, calculou-se o erro acumulado de cada método, conforme Equação 8, para averiguar o comportamento do modelo. O Quadro 2 apresenta a comparação entre os resultados dos métodos de previsão adotados no estudo, com os testes de validação do modelo.

MÉTODO	ERRO ACUMULADO	MAD
Média Móvel Simples com 2 períodos	-18718,84	86570,71
Média Móvel Simples com 4 períodos	-5583,62	79372,46
Média Móvel Simples com 8 períodos	-15505,79	79523,22
Média Exponencial Móvel com $\alpha = 0,2$	-123991,98	104587,2
Média Exponencial Móvel com $\alpha = 0,4$	-135365,79	95274,42
Média Exponencial Móvel com $\alpha = 0,8$	-158113,40	91088,18
Média Móvel Ponderada com $W_1 = 0,2$; $W_2 = 0,3$; $W_3 = 0,5$	52831,42	78784,54
Média Móvel Ponderada com $W_1 = 0,1$; $W_2 = 0,3$; $W_3 = 0,6$	67695,31	86238,02

Quadro 2 - Comparação entre os métodos de previsão adotados

Fonte: Elaborado pelos Autores (2016)

Ao analisar o Quadro 1, nota-se que o modelo de previsão mais adequado é o Método da Média Móvel Simples com 4 Períodos, pois apresentou o maior grau de acurácia no erro

acumulado, além do MAD ser superior ao erro, com os valores respectivos de -5583,62 e 79372,46. Logo, indica-se esse método para previsão de vendas da família de produtos em estudo. A Figura 3 apresenta a demanda real com a prevista, conforme o método escolhido, durante o período estudado.

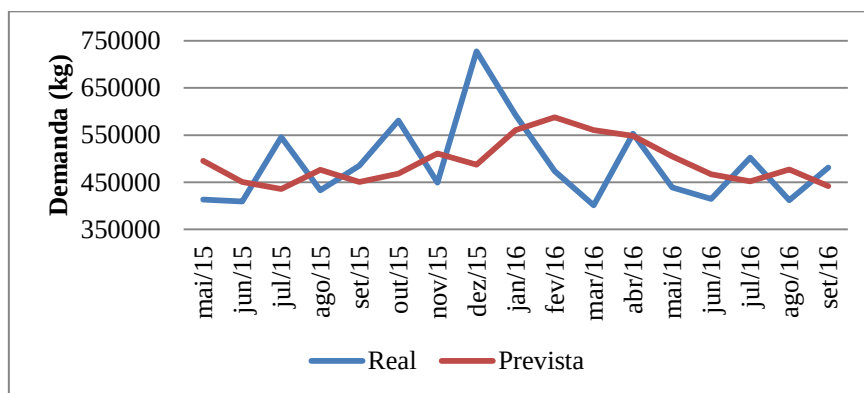


Figura 3 -Demanda Real x Demanda Prevista

Fonte: Elaborado pelos Autores (2016)

Para tanto, conforme Tubino (2009) quando selecionado um modelo de previsão, há necessidade de acompanhar o desempenho do mesmo e confirmar sua validade perante a dinâmica atual dos dados, logo se faz necessidade se manter o modelo atualizado para que se obtenham sempre previsões confiáveis. Para tal fato, o autor sugere a utilização do 4MAD, como uma ferramenta apurada de controle de previsão de demanda. A Figura 4 apresenta o gráfico de controle do produto durante o período estudado.

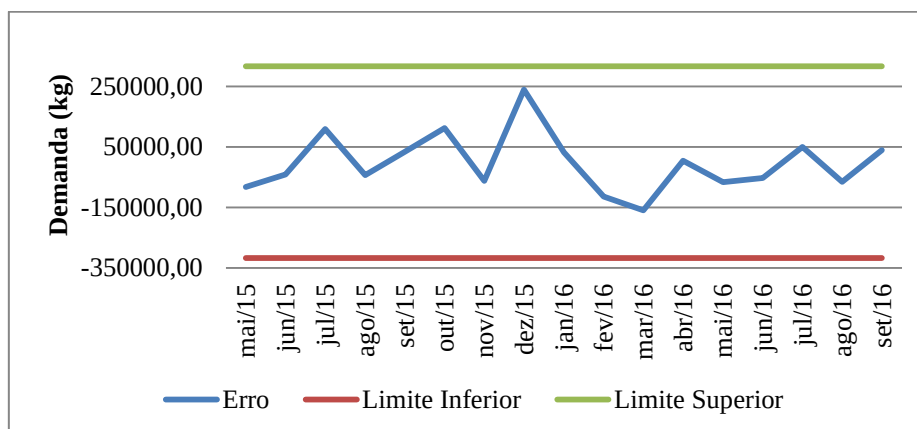


Figura 4 - Gráfico de Controle do Método Média Móvel Ponderada

Fonte: Elaborado pelos Autores (2016)

Analisando a Figura 4, nota-se que não houve nenhum valor fora dos limites de controle, apropriando assim o modelo para as previsões, sem necessidades de ajustes. Portanto, sugere a empresa que se realize o controle do método a partir de tal ferramenta.

Entretanto, para cada nova previsão realizada, o erro deverá ser plotado ao gráfico 4MAD, e caso haja algum erro que exceda os limites de controle, os gestores da empresa deverão tomar ações corretivas. Tubino (2009) complementa dizendo que o valor do erro de previsão poderá servir de base para o planejamento e dimensionamento de estoques de segurança do sistema de PPCP. Ao gerar as previsões de demanda, com o método da Média Móvel Simples com 4 períodos, para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2016, obteve-se respectivamente, 452445, 461906 e 451878 kg de bovinos.

4.4. Planejamento Agregado de Produção (PAP)

A empresa não realiza os cálculos do PAP, pois não se tem uma visão em longo prazo, assim, buscou-se desenvolver o PAP, casando a taxa de produção com a taxa de demanda, estoque médio e horas extras. Escolheu-se a família de produtos da carcaça, devido aos cálculos realizados nas seções anteriores sobre capacidade produtiva e previsão de demanda, sendo estes, dados de entrada fundamentais para o planejamento.

O horizonte de planejamento considerado foi de três meses, considerado de longo prazo, isto por se tratar de produtos altamente perecíveis, que não podem permanecer por muito tempo nos estoques. No PAP utilizou-se a estratégia de acompanhamento da demanda, pois o frigorífico adota a não formação de estoques nos períodos, produzindo a cada mês apenas a quantidade demandada. Outra estratégia de acompanhamento da demanda é a adoção de horas extras de trabalho, quando a demanda é maior do que a capacidade de produção.

4.4.1. Modelagem matemática

4.4.1.1. Função Objetivo

A partir do levantamento bibliográfico e dos dados fornecidos pelo frigorífico, será descrito nessa seção a modelagem matemática para a minimização do custo de produção. Utilizou-se a ferramenta *Solver* para calcular o mínimo custo da função objetivo.

$$\text{MinCusto} = \sum_{t=1}^3 (P_t * C_C + K_{extra} * C_{CC}) + \sum_{t=1}^3 (E_m * C_m) \quad (9)$$

Em que:

P_t : Produção no período t

C_C : Custo da Produção Normal no período t

K_{extra} : Somatoria da Produção no período t em hora extra

C_{CC} : Custo da Produção Hora Extra no período t

E_m : Estoque médio

C_m : Custo do estoque médio

4.4.1.2. Restrições do sistema

As restrições que foram consideradas na formulação do modelo, foram baseadas nas capacidades de produção, armazenagem e disponibilidade de mão de obra que o frigorífico possui. A seguir segue uma descrição de cada uma das restrições consideradas:

- *Capacidade de abate em horário normal*: A capacidade máxima de produção em horário normal de expediente não pode ultrapassar 900000 kg de carne por mês, ou seja, é a capacidade máxima de abate que o frigorífico possui;
- *Capacidade de abate em horas extras*: A capacidade de abate em turnos extras não pode ultrapassar 517500 kg de carne por mês;
- *Estoque inicial*: Esta restrição tem como objetivo garantir que o valor de estoque, ao início de cada período seja sempre menor ou igual a capacidade máxima de armazenagem que o frigorífico possui, que é de 45000 kg;
- *Estoque final*: Esta restrição tem como objetivo garantir que o valor de estoque, ao final de cada período seja sempre menor ou igual a capacidade máxima de armazenagem que o frigorífico possui, que é de 45000 kg;

4.4.1.3. Notações do Problema

Para este problema, serão apresentados os parâmetros que foram utilizados para o desenvolvimento da modelagem matemática.

4.4.1.3.1. Equações

A Equação 10 e 11 demonstra o cálculo do custo com as horas normais e extras de cada colaborador:

$$C_{Extra} = \frac{Cb}{H_T} + \frac{Cb}{H_T} * 0,3 + E_H \quad (10)$$

$$C_h = \frac{Cb}{H_T} + E_H \quad (11)$$

Em que: C_b : Salário base dos funcionários ;

H_T : Horas Totais trabalhadas no período t ($t = 30$ dias) E_H : Custo de energia elétrica

Após o cálculo do custo por hora de cada funcionário, calculou-se a capacidade de abate em kg por hora do frigorífico.

$$A_m = C_a * 15 * 15 \quad (12)$$

Em que: C_a : Capacidade de abate kg/hora

A equação 13 e 14 mostra o cálculo do custo de produção de cada Kg de carne, por hora normal e hora extra.

$$C_C = \frac{C_h * N_F}{A_m} \quad (13)$$

$$C_{CC} = \frac{C_{Extra} * N_F}{A_m} \quad (14)$$

Em que: (C_h : Custo da hora normal; N_F : Numero de funcionários; A_m : Abate kg/hora

C_{Extra} : Custo da hora extra)

A equação 15 apresenta o cálculo do estoque medido.

$$E_m = \frac{P_d}{t} \quad (15)$$

Em que: (t : Período de tempo analisado; P_d : Somatoria da Produção no período t)

O cálculo do estoque médio se dá através da equação 16 abaixo:

$$C_m = \frac{q}{2} * p * i * t$$

Em que: (q : quantidade de material em estoque; p : preço unitário do material

i : taxa de armazenamento t : tempo considerado de armazenamento)

4.4.2. Considerações sobre o PAP

Utilizou-se a ferramenta *Solver* para calcular o mínimo custo da função objetivo (Equação 9). Os resultados obtidos com a ferramenta, mostra que a empresa não demandou de horas extras de trabalho para atender a demanda como é apresentado na Figura 5.

Mês	Demanda	Produção máxima (kg)		Estoque inicial
		Regular	Horas Extras	
out/16	452445	900000	517500	45000
nov/16	461906	900000	517500	
dez/16	451878	900000	517500	
Custos		R\$ 0,09	R\$ 0,12	R\$ 0,40

Mês	Regular	Horas Extras	Estoque I	Estoque F	Estoque médio
out/16	407445	0	452445	0	226222
nov/16	461906	0	461906	0	230953
dez/16	451878	0	451878	0	225939

Custo Total R\$ 392.156,24

Figura 5- Planejamento agregado utilizando a ferramenta *Solver*

Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Obteve-se um resultado de R\$392.156,24 para o custo com a produção no período em estudo, esse resultado é o menor custo de produção possível para o período, conforme a modelagem utilizada. Por fim, para verificar a taxa de utilização dos recursos do frigorífico em relação a produção demandada no período, foi elaborado um gráfico que pode ser observado na Figura 6.

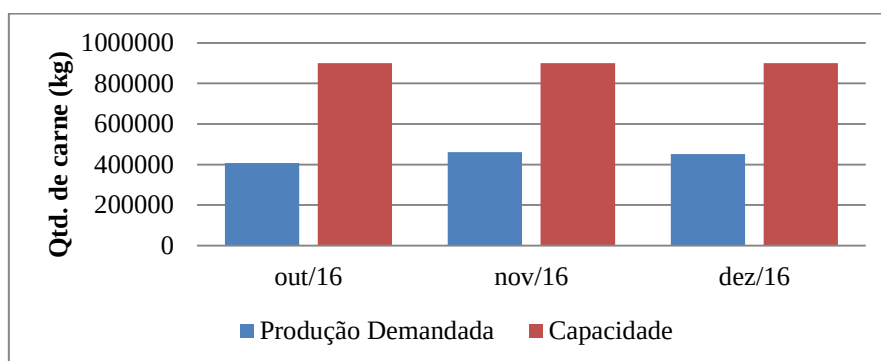


Figura 6 - Gráfico comparativo de Capacidade x Produção demandada

Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Como podemos analisar na Figura 6, em nenhum dos períodos analisados a demanda foi maior que a capacidade de produção. Em outubro a taxa de utilização do frigorífico está prevista para 45,27%, em novembro de 51,32% e dezembro de 50,20%. Com esses dados, observamos que a empresa utiliza em média 48,93% de sua capacidade, apresentando uma grande ociosidade de tempo.

5. Considerações Finais

O artigo teve como objetivo apresentar um estudo da capacidade produtiva, previsão de demanda e PAP em um frigorífico. Constatou-se que este trabalha com a disponibilidade reduzida da capacidade instalada, devido a sua jornada de trabalho reduzida a 8 horas, apresentando apenas 66,66% da sua capacidade instalada total. A unidade utiliza apenas 87,5% dessa capacidade e com índice de eficiência de 80%, possuindo uma capacidade ociosa em 20%, logo, sugere-se que a empresa busque ampliar seu mercado para vendas do produto em estudo, a fim de utilizar sua capacidade produtiva total e otimizar os recursos utilizados na produção.

A situação atual do frigorífico quanto à previsão de demanda, caracteriza-se como uma abordagem qualitativa, pois a previsão é baseada em opiniões e estimativas previstas pelos sócios proprietários. Assim, com o estudo desenvolvido, apresentou-se o Método da Média Móvel Simples com 4 períodos como o modelo de previsão mais adequado a família de produto estudada, pois apresentou maior nível de acurácia em relação ao MAD e no erro acumulado, proporcionando uma vantagem competitiva ao frigorífico, reduzindo os erros de vendas e auxiliando no controle da produção. Quanto ao PAP, obteve-se um resultado ótimo, gerado pelo *Solver* de R\$392.156,24 para o custo total com a produção para o período em estudo. Na modelagem matemática do PAP apresentam-se as equações necessárias para atingir o objetivo exposto anteriormente.

Ao analisar o gráfico de capacidade produtiva e produção demandada, observa-se que a utilização média prevista da capacidade total de produção foi de 48,93%, assim, sugere-se que a empresa estude a produção de novos *mix* de produtos, redução na quantidade de funcionários, tendo em vista a situação da baixa produção em relação à capacidade, superando uma disponibilidade de 50% do total. Por fim, baseando-se nos resultados sobre os conceitos de planejamento, programação e controle da produção aplicados no frigorífico, visto as melhorias obtidas, recomenda-se que a empresa adote tais sugestões para melhor desempenho do processo de produção da família em estudo e aumente a competitividade do Frigorífico X no mercado.

6. Referências

- ARAÚJO, T. S.** *Diagnóstico do processo de elaboração do plano mestre da produção e as consequências na administração de materiais em uma empresa do segmento vidreiro, Monografia de especialização em administração industrial, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.* (2009),
- CARVALHO, C. A. V.** *Análise de previsão de itens de demanda intermitente utilizando o modelo Syntetos-Boylan Approximation* artigo apresentado no Enapad: Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração, Rio de Janeiro, RJ, 22-26, 2012. Disponível em: http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2012_GOL2385.pdf (acesso em 19 de janeiro de 2017).
- CASTRO, T. R., OLIVEIRA, C. C., MORAIS, M. F. M., COELHO, T. M., MORO, A. R. P.** *Estruturação de um Departamento de Planejamento, Programação e Controle da Produção em uma Indústria de Alimentos*. Revista *Espacios*, Vol. 35, No. 13, 2014. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a14v35n13/14351320.html> (acesso em 19 de janeiro de 2017).
- CHOPRA, S.; MEINDL, P.** *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação*, 1 ed., Pearson Prentice Hall, São Paulo, SP. (2003).
- GURGEL, J. L. M., PINHEIRO, T. M. A., PAIVA, I. V. L., RABELO, L. M., SILVA NETO, F. F.,** *Modelo de previsão de demanda: análise da produção em uma empresa do setor cerâmico no Rio Grande do Norte*. Enegep: Encontro de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE, 13-16 de outubro de 2015. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_219_27340.pdf (acesso em 19 de janeiro de 2017).
- LUSTOSA, L. J., et al.** *Planejamento e Controle da Produção*, 1. Ed., Elsevier, Rio de Janeiro, RJ. 2008.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P.** *Administração da Produção*, 2 ed., Saraiva, São Paulo, SP. 2005.
- MESQUITA, M. A.** *Planejamento e controle da produção*. Coleção Campus-ABEPRO Engenharia de Produção, Elsevier, Rio de Janeiro, RJ. 2008.
- NICH, J.** *“Planejamento da capacidade” em Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro. 2015.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R.** *Administração da Produção: Operações Industriais e Serviços*, 1 ed., UnicenP, Curitiba, PR. 2007.
- SANTOS, L. A., SILVA, H. A., NOVOA, N. F.,** *“Proposta de modelo de demanda e planejamento agregado para um frigorífico”*. Seget: Simpósio em excelência de gestão e tecnologia, Resende, RJ, 28-30 de outubro de 2015, disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/22722245.pdf> (acesso em 19 de janeiro de 2017).
- SLACK, NIGEL; CHAMBERS; JOHNSTON, R.** *Administração da Produção*, 3 ed., Atlas, São Paulo, SP. 2009.
- STAUDT, F. H., COELHO, A. S. E GONCALVES, M. B.** *Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov*. Produção online, vol.21, N°.4, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132011000400008 (acesso 28 de outubro de 2016).
- STEVENSON, W. J.** *Administração das operações de produção*, 6. Ed., LTC, Rio de Janeiro, RJ. 2001.
- TUBINO, D. F.** *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática*, 2 ed., Atlas, São Paulo, SP. 2009.
- VERGARA, S. C.** *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*, 9 ed., Atlas, São Paulo, SP. 2007.