



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GUSTAVO HENRIQUE MOTA GOMES

**PREVISÃO DE DEMANDA INTEGRADA À CAPACIDADE PRODUTIVA:
UMA PROPOSTA PARA DEFINIÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UMA IN-
DÚSTRIA DE CONCRETO EM DOURADOS-MS**

2018

GUSTAVO HENRIQUE MOTA GOMES

**PREVISÃO DE DEMANDA INTEGRADA À CAPACIDADE PRODUTIVA:
UMA PROPOSTA PARA DEFINIÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UMA IN-
DUSTRIA DE CONCRETO EM DOURADOS-MS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para a obtenção do título de
Engenheiro de Produção. Faculdade de
Engenharia. Universidade Federal da
Grande Dourados.

Orientador: Prof. Walter Roberto H. Vergara

Dourados-MS

2018

GUSTAVO HENRIQUE MOTA GOMES

**PREVISÃO DE DEMANDA INTEGRADA À CAPACIDADE PRODUTIVA:
UMA PROPOSTA PARA DEFINIÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UMA IN-
DÚSTRIA DE CONCRETO EM DOURADOS-MS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

Orientador: Prof. Walter Roberto Hernández Vergara – UFGD

Prof^a. Mariana Lara Menegazzo - UFGD

Prof. Ms. Andre A. Mello - UFGD

Dourados-MS

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus colegas e amigos que me ajudaram durante tantos momentos que precisei, contribuindo positivamente para que esta conclusão de curso se tornasse realidade.

Aos meus familiares que me apoiaram em todos os momentos para seguir em frente durante esses anos, sempre me dando força, foco e dedicação.

Gostaria de agradecer à minha namorada, Maysa, que esteve ao meu lado nos bons e maus momentos, e que me inspira a dar sempre o meu melhor.

Gostaria de agradecer também aos meus amigos de infância, Matheus, Guilherme, José e Tanaka, que mesmo longe sempre torceram e me ajudaram a chegar até aqui.

Gostaria de agradecer ao meu Professor Orientador Walter Roberto H. Vergara, que me ensinou muito, não apenas sobre o conhecimento acadêmico, mas também sobre a vida.

A todos vocês, muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo apresentar alternativas à programação produtiva adotada por uma empresa do ramo da construção civil, a qual encontra-se estagnada devido à falta de capacidade produtiva para ampliar a produção. Para tanto, a partir de revisões na literatura sobre previsão de demanda e capacidade produtiva, diversos métodos foram testados em busca daquele com resultados com os menores erros, onde o método de Holt-Winters apresentou os menores níveis de erros. A partir dos dados históricos do processo fornecidos pela empresa e o método de previsão definido foram utilizados para alimentar a ferramenta de modelagem matemática GRG não-linear no software Microsoft Excel para simular planos de produção para os meses de Julho, Agosto e Setembro. Por fim, com os resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa, foi possível observar que existem grandes oportunidades de melhoria a partir da otimização das ordens de produção.

Palavras-chave: Previsão de demanda, Capacidade produtiva, Programação da produção

ABSTRACT

The objective of this article was to present alternatives to the production schedule adopted by a company in the civil construction sector, which is stagnant due to the lack of productive capacity to expand production. To do so, based on reviews in the literature on demand forecasting and productive capacity, several methods were tested to find one with low levels of errors. Thus, the Holt-Winters method presented the lowest error levels. From the historical process data provided by the company and the defined forecasting method, the mathematical nonlinear GRG modeling tool, present in the Microsoft Excel software was fed, with aim to simulate production plans for the months of July, August, and September. Finally, with the results obtained in the development of the research, it was possible to observe that there are great opportunities for improvement from the optimization of production orders.

Keywords: Demand Forecast, Productive capacity, Production Scheduling

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Atividades do PCP 13
- FIGURA 2 – Metodologia de modelagem para previsão de demanda 16
- FIGURA 3 – Fluxograma do processo 24

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Produção dos blocos de 39 e demais produtos 28
- Gráfico 2 – Produção detalhada dos blocos de ligação 29

LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1 - Dados de produção dos blocos de concreto 25
- QUADRO 2 – Outros dados produtivos fornecidos 27
- QUADRO 3 – Resultados dos testes das metodologias de previsão de demanda 30
- QUADRO 4 – Previsão de demanda para os três meses subsequentes 31
- QUADRO 5 – Horas produtivas disponíveis para os próximos três meses 31
- QUADRO 6 – Codificação da simulação 32
- QUADRO 7 – Ordens de produção para o mês de julho 33

QUADRO 8 – Resultados da programação da produção para o mês de Julho	34
QUADRO 9 – Uso de capacidade produtiva diária a partir da programação da produção proposta para o mês de Julho	34
QUADRO 10 – Ordens de produção para o mês de agosto	35
QUADRO 11 – Resultados da programação da produção para o mês de Agosto	36
QUADRO 12 – Uso de capacidade produtiva diária a partir da programação da produção proposta para o mês de Agosto	36
QUADRO 13 – Ordens de produção para o mês de setembro	37
QUADRO 14 – Resultados da programação da produção para o mês de Setembro	38
QUADRO 15 – Uso de capacidade produtiva diária a partir da programação da produção proposta para o mês de Setembro	38

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2.	JUSTIFICATIVA.....	11
1.3.	OBJETIVOS.....	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1.	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	12
2.2.	ATIVIDADES DO PCP.....	13
2.2.1.	PLANEJAMENTO DE VENDAS.....	13
2.2.2.	PROGRAMAÇÃO MESTRE DA PRODUÇÃO.....	14
2.2.3.	PLANEJAMENTO DETALHADO DE MATERIAIS.....	14
2.2.4.	PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE.....	14
2.2.5.	PROGRAMAÇÃO DETALHADA DA PRODUÇÃO.....	15
2.2.6.	PREVISÃO DE DEMANDA.....	15
2.2.7.	MÉDIA ARITMÉTICA E MÉDIAS MÓVEIS.....	16
2.2.8.	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES.....	17
2.2.9.	ANÁLISE DE TENDÊNCIAS E SAZONALIDADES.....	17

2.2.10. MODELOS DE HOLT-WINTERS.....	18
2.2.11. ERROS EM MODELOS DE PREVISÃO.....	19
2.2.12. PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE PRODUTIVA.....	20
2.3. MODELAGEM MATEMÁTICA.....	21
3. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS ADOTADOS.....	22
4. ESTUDO DE CASO	23
4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	23
4.2. PROCESSO PRODUTIVO.....	24
4.3. DOSAGEM.....	24
4.3.1. MISTURA.....	24
4.3.2. CONFORMAÇÃO	25
4.3.3. DESMOLDE.....	25
4.3.4. CURA.....	25
4.3.5. ARMAZENAGEM.....	25
4.4. COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1. PLANO PRODUTIVO PARA O MÊS DE JULHO.....	32
5.2. PLANO PRODUTIVO PARA O MÊS DE AGOSTO.....	35
5.3. PLANO PRODUTIVO PARA O MÊS DE SETEMBRO.....	37

5.4.	UTILIZAÇÃO DE CAPACIDADE.....	39
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A característica mais comumente presente em empresas de sucesso é o planejamento, pois é a partir de um robusto esforço de planejamento estratégico que um processo produtivo pode ter êxito sem grandes contratempos (XENG e XIAO-BING, 2013). Moline e Resende (2006) expõem a correspondência entre o planejamento estratégico das instituições como um todo e o Planejamento e Controle da Produção (PCP). Dessa forma, o PCP exerce suas funções em três níveis, sendo que, inicialmente, tem-se o planejamento estratégico, onde a partir de previsões de demanda e disponibilidade de recursos, a produção é planejada a longo prazo; posteriormente, no nível tático, são realizados os planos de produção a médio prazo além de identificadas possíveis dificuldades que possam inviabilizar sua execução; por fim, ocorre o planejamento operacional, que visa garantir a execução de todo o planejamento inicial (TUBINO, 2000)

Nesse sentido, Veiga (2010) expõe a importância do uso de informações confiáveis na tomada de decisões, onde a previsão de demanda é o instrumento utilizado para auxiliar o planejamento estratégico, pois a mesma ser usada como base no delineamento da programação de múltiplos setores, como recursos humanos, vendas, financeiro e produção (PELEGRINI e FOGLIATTO, 2001). Outro fator inerente a previsão de demanda, está em sua conexão com o planejamento da capacidade produtiva, agente que segundo Almeida (2016) influencia no nível de competitividade de uma empresa.

1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Dentro do contexto ora apresentado, o setor de construção civil tem destaque no atual cenário econômico brasileiro; conforme estudo realizado em 2015 pela Câmara Brasileira da Indústria de Construção (CBIC), esse setor obteve crescimento de 74,25% no período 1994-

2013. No entanto, desde meados de 2014 se observam retrações nos negócios, tornando a previsão de demanda e ajuste de capacidade produtiva fatores vitais à sobrevivência das organizações, pois têm influência direta na redução de custos operacionais, estoques de materiais e insumos, bem como possibilitam a melhoria dos níveis de atendimento ligados aos clientes do setor construção civil (ALMEIDA e WERNER, 2016).

Porém, mesmo neste cenário, a família de produtos de blocos de concreto continua com demanda crescente e a empresa em questão vem encontrando dificuldades para atender os pedidos no prazo e expandir sua produção. Desta forma, o problema delimitado para execução deste trabalho encontra-se no âmbito da gestão de capacidade produtiva, a partir do rearranjo dos planos de produção com base na demanda observada.

1.2. JUSTIFICATIVA

A relevância do presente estudo está contida no cenário econômico atual do ramo de construção civil, de transição econômica e rearranjo de mercado. Nessas situações, a necessidade de adaptação aos requisitos de clientes se torna imprescindível, o que nos leva a premissas básicas do planejamento e controle da produção, como previsão de demanda e gestão de capacidade (BIKFALKI, 2010). Neste sentido, Lingitz et al. (2013) e Thurer e Filho (2012) argumentam sobre a importância da gestão de operações em empresas de pequeno e médio porte. Segundo os autores, as atividades que englobam a gestão de operações, em especial o PCP, tem o potencial de gerar vantagens competitivas, já que em empresas de menor porte dificilmente tem-se a prática consolidada de tais atividades.

Além do cenário descrito, o presente trabalho justifica-se também devido aos resultados de vendas dos diversos modelos de blocos de concreto produzidos na empresa, que mesmo em cenário recessivo, continua com demanda regular, frequentemente excedendo a capacidade da empresa, causando atrasos em entregas e impossibilitando a celebração de novos contratos de venda. Desta forma, esta pesquisa encontra-se no âmbito dos tópicos citados, com intuito de estabelecer rotinas de otimização entre previsão de demanda e gestão de capacidade produtiva, gerando vantagens competitivas à empresa alvo do estudo.

1.3. OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um plano detalhado da capacidade produtiva de uma indústria de produtos de concreto aplicados à construção civil (pisos, telhas e blocos de concreto) estabelecida em Dourados/MS. Esta pesquisa é baseada na aplicação de métodos de modelagem e simulação computacional de forma a produzir os melhores resultados no planejamento da produção.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre planejamento e controle da produção;
- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre modelos de previsão de demanda;
- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre processos de simulação;
- Mapear os processos produtivos da empresa;
- Coletar e analisar o histórico de demanda da empresa;
- Desenvolver um modelo ajustado de previsão de demanda;
- Elaborar um plano de capacidade produtiva;
- Elaborar um modelo otimizado para o planejamento de capacidade;

Esta pesquisa é composta de cinco capítulos, além da seção introdutória. Os Capítulos 2 e 3 tratam sobre os conceitos teóricos dos temas abordados no presente trabalho. Primeiramente, as teorias são apresentadas de forma generalizada e, depois são abordadas as especificidades das práticas utilizadas. No Capítulo 4, descrevemos a metodologia utilizada na execução da pesquisa sequencialmente. No capítulo 5, desenvolve-se o estudo de caso, onde são expostos os resultados encontrados e propostas de melhorias e sugestões. Por fim, o capítulo 6 traz as considerações finais e propostas para estudos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Planejamento e controle da produção

O PCP como conhecido atualmente, começou a tomar forma nas décadas de 1970 e 1980, com o advento das metodologias MRP (planejamento das necessidades de materiais),

MRP-II e finalmente na década de 1990, com a introdução dos sistemas ERP (Planejamento de recursos corporativo). Para Lustosa (2008), o PCP consiste em comandar, coordenar e controlar o processo produtivo levando em consideração quatro horizontes de tempo, longo, médio, curto e curtíssimo prazo, além da execução e controle do planejamento. Adicionalmente à essa visão, Cichos e Aurich (2015) definem o planejamento e controle da produção como a ligação entre o mercado consumidor e a produção, propiciando equilíbrio entre o uso eficiente de recursos produtivos, flexibilidade de atender requisitos de clientes e custos.

A estruturação clássica do PCP é definida por Tubino (2000) em uma hierarquia de três escalas. No topo, tem-se o nível estratégico, onde a principal finalidade é a concepção do Plano de produção, definido a partir da previsão de demanda de longo prazo e da capacidade fabril. Conseqüentemente, tem-se o nível tático, que tem como designação a montagem do plano mestre de produção, que nada mais é que um conjunto de táticas utilizadas para operar o sistema da forma mais eficiente possível. Por fim, atinge-se o nível operacional que tem por obrigação a execução e o controle da produção de forma a garantir que o planejamento anterior seja executado.

2.2. Atividades do PCP

Usualmente, as funções do PCP dividem-se em cinco grandes grupos de atividades, como representado na Figura 1.

Figura 1: Atividades do PCP



Fonte: Vollman (2006)

2.2.1. Planejamento de vendas

Também comumente chamada de Planejamento de vendas e Operações, Sales and Operation Planning em inglês (S&OP), é a partir desta atividade que derivam-se todas as outras. De acordo com Toumikangas (2014), é neste ponto que encontra-se a chave para a obtenção do ponto ótimo entre a demanda de produtos da empresa e sua respectiva oferta. Realiza-se então o planejamento da produção a longo prazo, geralmente envolvendo profissionais de variados setores, como produção, vendas e marketing. As principais entradas envolvidas nesse processo são o know-how dos profissionais, dados históricos de vendas e previsão de demanda, assunto abordado mais profundamente ao longo desse trabalho (TANAJURA, 2011).

2.2.2. Programação mestre da produção

Mais conhecida como MPS, do inglês Master Production Schedule, essa atividade, de acordo com Tang (2000), desempenha papel primordial sobre a capacidade da empresa em atender os requisitos de clientes. Nessa etapa, planeja-se a produção a médio prazo, transfor-

mando objetivos estratégicos em táticas operacionais, com intuito de realização dos mesmos. A importância de tal atividade ocorre devido ao fato da atividade seguinte, Planejamento detalhado de materiais, considerada por muitos autores como a mais importante do PCP, derivar-se diretamente do MPS (GAHM, 2013).

2.2.3. Planejamento detalhado de materiais

De acordo com Guerra (2014), o produto final do Planejamento detalhado de materiais, mais conhecido como MRP (Materials Requirement Planning) será a lista de materiais necessários para a manufatura de um determinado produto. Nessa ferramenta encontra-se o coração do PCP, é a partir dela que o gestor terá capacidade de comprar e produzir de forma ótima, eliminando desperdícios (Livro mark david administração da produção). A metodologia se baseia na desagregação dos produtos finais até seus componentes mais básicos, organizando as necessidades de cada item na execução do produto final.

2.2.4. Planejamento de capacidade

Como último passo antes das atividades de execução e controle, tem-se a extensão do MRP, com o planejamento detalhado da capacidade. Conhecido popularmente como MRP-II, pois engloba o planejamento anterior, sendo muitas vezes realizados simultaneamente. Segundo Corrêa (2008), o MRP-II é capaz de gerenciar o nível de serviço oferecido a clientes, tanto internos quanto externos, mitigando problemas relacionados à falta de capacidade produtiva ou superprodução. Assim como anteriormente, a metodologia baseia-se também na desagregação dos componentes dos produtos, porém, desta vez adiciona-se o tempo necessário para manufatura ou aquisição dos mesmos, além de aspectos técnicos como lote mínimo e máximo de produção. Deste modo, é possível obter o tempo necessário estimado para elaboração dos itens, além do planejamento do uso de capacidade.

2.2.5. Programação detalhada da produção

A última grande atividade de um sistema de PCP tem nada mais é que o acompanhamento e controle do sistema produtivo, afim de garantir que as diretrizes estabelecidas nos níveis anteriores de planejamento sejam executadas com o mínimo possível de desvios. As tarefas essenciais dessa etapa são a coleta e análise de dados, de modo que ocorra a retroalimenta-

ção de informações no sistema, possibilitando a identificação de erros e a busca por ações corretivas, direcionando o sistema ao encontro dos objetivos pré-estabelecidos (TUBINO, 2000).

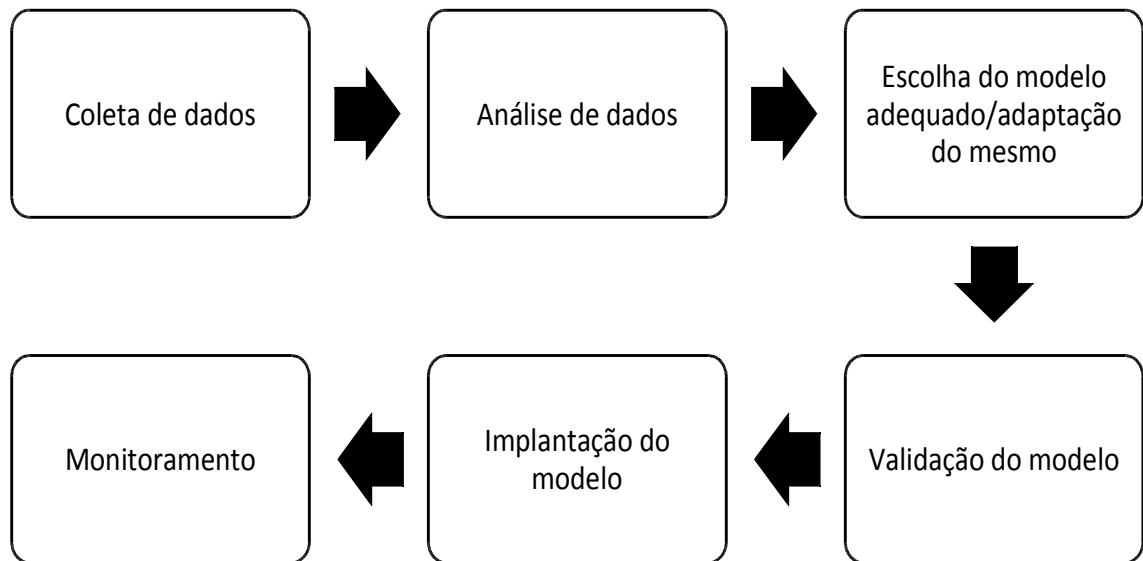
2.2.6. Previsão de demanda

Para Veríssimo *et al.* (2012), a missão de prever demanda está entre as de maior importância para a tomada de decisões estratégicas no meio industrial, pois traz diversas vantagens ao sistema produtivo, dentre as quais pode-se citar a diminuição da variabilidade do processo, impactando diretamente o nível de qualidade dos produtos, além de aumentar a capacidade de atendimento a requisições de clientes, diminuindo custos e potencializando lucros.

Para tanto, a previsão de demanda pode se dar por meio de variados métodos, porém todos possuem o mesmo objetivo, analisar o comportamento do mercado e da cadeia de suprimentos para então projetar cenários possíveis. Em outras palavras, consiste em analisar o passado na tentativa de prever as futuras necessidades de produção, projetando as necessidades de produtos finais de modo a planejar a necessidade de materiais do processo como um todo. Esse processo pode ser executado a partir de dois tipos de metodologia, qualitativamente, quantitativamente ou ambos (Caniato *et al.*, 2011). Devido às especificidades da metodologia adotada, nesta revisão serão abordados apenas os métodos quantitativos.

Os métodos quantitativos baseiam-se em formulações de series temporais ou modelagem matemática, que analisam os resultados de períodos passados e realizam a projeção para períodos futuros. Como cada processo produtivo possui suas singularidades, recomenda-se que uma gama variada de métodos seja testada, em vias de obter aquele que apresenta menor porcentagem de erros (Werner e Ribeiro, 2006). Na Figura 2 encontram-se as etapas geralmente praticadas genericamente por todos os métodos.

Figura 2 – Metodologia de modelagem para previsão de demanda



Fonte: Veríssimo *et al.* (2012)

Dentre as seis etapas apresentadas, a de maior relevância é a escolha do modelo adequado. Deste modo, esta seção teórica terá a etapa citada como objeto de estudo e para fins de acúmulo de conhecimento, em sequência estão listadas breves revisões acerca dos modelos mais populares encontrados na literatura, além da metodologia recomendada para efetivar a escolha do mais adequado.

2.2.7. Média aritmética e médias móveis

Os métodos que incluem médias são usualmente utilizados em processos muito estáveis, sem comportamentos de tendências ou sazonalidades. O método da média aritmética consiste apenas no cálculo da média dos resultados observados. A diferença entre esse método e a metodologia de médias móveis é a escolha do período de dados analisados, uma vez que para obtenção das médias móveis, um tamanho específico de amostra deve ser delimitado, atualizando o modelo com novos dados que substituem os mais antigos a cada período. Segundo Consul e Werner (2010), ambos os métodos possuem deficiências em acompanhar alterações de demanda e por isso não são considerados muito eficientes.

2.2.8. Suavização exponencial simples

De acordo com Corrêa e Corrêa (2006), a suavização exponencial simples é o método a ser utilizado quando o fenômeno estudado não apresenta tendências ou sazonalidades. O método é caracterizado pela ponderação dos dados históricos com atribuição de diferentes pesos, aumentando de forma exponencial a importância dos dados mais recentes. O modelo utiliza a seguinte formulação matemática:

$$P_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) P_t$$

Onde P_{t+1} é a estimativa de demanda para o mês seguinte, D_t é a demanda real para o instante, P_t a previsão para o instante e α o fator de suavização, devendo ter seu valor atribuído entre 0 e 1. Afonso, Moreira e Novais (2011) destacam a importância da realização de testes com diversos α para efeito de comparação entre os resultados obtidos e os resultados reais, de forma que a opção que apresente menores erros possa ser selecionada.

2.2.9. Análise de tendências e sazonalidades

É comum que o comportamento de processos seja influenciado por certos fatores além de flutuações "aleatórias", nesses casos, diz-se que o processo é afetado por tendências, sazonalidades ou ambos. Desta forma, é necessário que sejam realizadas análises para verificação de tais comportamentos. Tendências geralmente ocorrem devido a comportamentos do mercado, um exemplo prático são os smartphones, devido ao aumento da necessidade de comunicação instantânea, esse tipo de produto tende a ser cada vez mais comercializado. Já a sazonalidade se relaciona a ciclos de comportamento, como por exemplo o consumo de sorvetes no verão (CONSUL e WERNER, 2010).

Como forma mais simples de avaliação da presença de tendências, tem-se a opção de linhas de tendência do software Excel. Para tanto, é necessário plotar gráficos do comportamento passado do processo e acionar a opção citada. Com isso, pode-se observar tendências de estabilidade, crescimento ou atenuação dos resultados. Utilizando as linhas de tendência, pode-se realizar a verificação da presença de sazonalidade. A partir da média das divisões entre os resultados reais de períodos passados e os resultados projetados pelas linhas de tendência, encontram-se os coeficientes de sazonalidade. A conclusão é feita a partir destes que

quanto mais distantes de um, mais expressam os efeitos da sazonalidade no processo (CORRÊA e CORRÊA, 2008).

2.2.10. Modelos de Holt-Winters

Os modelos de Holt-Winters formam um conjunto de oito métodos de previsão de demanda levando em consideração tendências e sazonalidades (Paraschiv, Tudor e Petrariu, 2015). No trabalho, somente o modelo multiplicativo é utilizado. A metodologia é baseada em três equações chamadas de alisadoras, sendo que seus resultados alimentarão uma quarta equação, gerando assim a previsão de demanda para o período desejado. A previsão de demanda é gerada a partir da seguinte série de equações:

$$\hat{L}_t = \alpha \left(\frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \left(\frac{Y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$\hat{y}_{t+m} = (L_t + b_{t-m})S_{t-s+m}$$

Onde:

L_t : Nível suavizado no tempo t ;

s : Tamanho do ciclo de sazonalidade;

Y_t : Valor observado no período t ;

S_t : Suavização exponencial para o período t ;

b_t : Estimativa suavizada de tendência para o período t ;

\hat{y}_{t+m} : Previsão para o período m ;

α, β, γ : Parâmetros de suavização do nível, tendência e sazonalidade, respectivamente;

A definição dos parâmetros de suavização deve ser realizada a partir de testes, de forma que os valores escolhidos (entre 0 e 1) produzam o menor número de erros possível (Samohyl, Rocha e Mattos, 2001). É importante salientar que para fins de cálculo, no primeiro período a_t é equivalente a Y_t , b_t é igual a zero e S_t é igual a um.

2.2.11. Erros em modelos de previsão

Após as considerações feitas acerca dos métodos utilizados para previsão de demanda, é necessário abordar a sistemática comum a todos os processos de decisão ante metodologias de previsão, a análise dos erros do método. Perez, Mosquera e Bravo (2012) representam essa análise por meio do cálculo do Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE) e o Desvio Médio Absoluto (MAD), argumentando que a partir de ambos é possível comparar a acurácia de previsões.

O Erro Médio Percentual Absoluto é definido pela seguinte equação:

$$\frac{\sum \frac{(|Dt - Pt|)}{Dt}}{n}$$

Já o Desvio médio absoluto é definido como:

$$\sum iii$$

Onde:

D_t : Demanda observada no período t ;

P_t : Previsão para a demanda no período t ;

n : Quantidade de períodos observados;

Desta forma, a partir dos resultados dos indicadores citados pode-se comparar os resultados dos diversos métodos de previsão entre si e também com os resultados reais obtidos,

direcionando a escolha àqueles métodos que melhor se encaixem nas características do processo.

Em síntese, todos os modelos de previsão têm o mesmo enfoque, fornecer informações aos gestores para que os mesmos possam tomar decisões embasadas em dados e experimentação, evitando que importantes decisões sejam baseadas apenas em conhecimento empírico. A principal finalidade das informações geradas pela previsão de demanda será o planejamento e gestão da capacidade produtiva. É a partir do cálculo das necessidades futuras que o balanceamento dos recursos produtivos pode ser realizado de forma mais eficiente.

2.2.12. Planejamento de capacidade produtiva

O planejamento e gestão da capacidade produtiva se encontram no âmbito da gestão organizacional e são definidos por Ragsdale (2010) como sendo atividades de otimização da utilização de recursos produtivos, sejam eles humanos, financeiros ou materiais. Resumidamente, esse conceito está ligado à capacidade dos gestores em alocar recursos e planejar a capacidade produtiva. Dessa forma, o planejamento da capacidade produtiva pode levar a dois cenários distintos; quando eficientemente executado, pode potencializar resultados operacionais, produzindo mais com menos esforço; já em ambientes onde a capacidade produtiva é mal dimensionada, encontram-se elevados níveis de desperdício, custos e retrabalho (CHEN, WANG E CHAN, 2017).

Ademais do caráter temporal já abordado, a capacidade produtiva necessita ser avaliada no âmbito de disponibilidade de equipamentos e recursos físicos, que dentre os métodos mais comumente utilizados para tal, encontram-se o MRP e MRP-II, citados previamente nesta obra. Pode-se observar que todas as metodologias citadas no âmbito de capacidade produtiva, embora eficientes, têm abrangência limitada quanto ao uso de recursos produtivos, estando restritos ao tempo, quantidade de matéria prima ou disponibilidade de recursos, falhando em integrar os fatores citados além de não incluir aspectos importantes como recursos financeiros, potencial de lucros a disponibilidade de materiais no mercado. Neste âmbito encontra-se então a Pesquisa Operacional, que nada mais é que a prática de construir modelos matemáticos de processos reais, com intuito de adquirir conhecimento de seu comportamento, auxiliando na tomada de decisão (BLANC e BANDEIRA, 2015).

2.3. Modelagem matemática

A modelagem matemática consiste em representar matematicamente um fenômeno da natureza com o objetivo de explicar seu comportamento e suas propriedades implícitas, para posteriormente fazer previsões e tomar decisões. Segundo Biembengut e Hein (2007), a modelagem pode ser realizada em quatro etapas: conhecimento do fenômeno a analisar, formulação de hipóteses e identificação de variáveis e parâmetros com o objetivo formular uma equação ou função que represente o fenômeno e, finalmente, a avaliação do modelo proposto, verificando se o problema em análise foi resolvido considerando as hipóteses levantadas.

A simulação é uma ferramenta utilizada para prever o comportamento de um sistema real com base em dados históricos, por isso a simulação de modelos de estimação de demanda pode se tornar uma ferramenta útil na solução de problemas reais (RISPOLI e SHAH, 2015).

A simulação permite que uma situação-problema seja estudada com as mais diversas formas de distribuição de probabilidades e de inter-relação entre as diversas variáveis que a compõem, apresentando soluções próximas da realidade com diferentes níveis de complexidade. Bodea e Purnuş (2012) acrescentam que esta ferramenta permite que o professor possa abranger tópicos mais avançados que muitas vezes são ignorados no ensino tradicional ou limitados pelo tempo.

Desta forma, para o presente estudo utilizou-se de conceitos de pesquisa operacional, mais especificamente modelagem matemática para a partir dos dados de previsão de demanda, gerar decisões acerca da capacidade produtiva. O conceito de modelagem matemática remete à expressão de comportamentos de processos reais em fórmulas matemáticas. Com o advento da computação, o potencial desse tipo de técnica tornou-se praticamente infinito, com a concepção de diferentes métodos que expressem os diferentes comportamentos observados no mundo real. Dentre estes, encontra-se o Método do Gradiente Reduzido Generalizado não-linear (GRG não-linear), utilizado para otimizar funções não lineares (SACOMAN, 2012).

Deste modo, após a delimitação de funções para previsão de demanda e da capacidade específica dos equipamentos da empresa em questão, utilizou-se do método GRG não-linear de modo a otimizar a utilização dos recursos produtivos da mesma.

3. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

A estrutura metodológica do trabalho será fundamentada nos conceitos de pesquisa aplicada que segundo Prodanov e Freitas (2013) tem como objetivo inicial a acumulação de conhecimentos teóricos para posterior uso na resolução de problemas específicos. Para tanto, inicialmente será realizada uma revisão na literatura sobre os assuntos a serem abordados na pesquisa como auxílio para futuras inferências e recomendações, assim como fundamentado por Lakatos e Marconi (2010). Por fim, a pesquisa se desdobrará em um estudo de caso, adequando-se assim à investigação de problemas reais (YIN, 2010).

Desta forma, o método de execução da pesquisa está fundamentado em uma adaptação da metodologia de integração entre previsão de demanda e capacidade utilizada por Almeida, Romanzini e Werner (2016), que consiste nas seguintes etapas:

- Definição do estudo;
- Coleta de dados;
- Construção de modelos de previsão de demanda;
- Análise e avaliação da capacidade do sistema produtivo;
- Criação e validação de um modelo unificado;

Dessa forma, seguindo o modelo de pesquisa referido, a metodologia de Almeida, Romanzini e Werner para integrar planejamento de demanda e capacidade de produção foi adaptada e dividida nas sete etapas definidas a seguir:

Etapa 1 - Obtenção de níveis de produção mensal para quatro tipos de blocos de concreto em um período de dezoito meses (operação crítica - moldagem de blocos de concreto);

Etapa 2 - Análise da consistência dos níveis de produção dos quatro tipos de blocos de concreto em um período de dezoito meses (histórico de produção disponibilizado);

Etapa 3 – Estudo e teste de modelos de previsão de demanda adequados para o histórico de produção da indústria;

Etapa 4 – Escolha do modelo de previsão de demanda mais ajustado ao histórico de produção disponibilizado;

Etapa 5 – Estimação de um plano trimestral para os níveis de demanda e capacidade produtiva;

Etapa 6 – Elaboração de um modelo de simulação aplicado ao respectivo plano trimestral de capacidade produtiva;

Etapa 7 – Simulação computacional e análise do plano de capacidade produtiva gerado;

Por incluir programação computacional, a metodologia apresenta grande flexibilidade de resultados, podendo ser facilmente adaptada a diferentes situações e características de processo, estando seus resultados condicionados à programação executada. As fórmulas e Quadros utilizadas para a simulação computacional desta pesquisa estão disponíveis na seção de anexos.

4. ESTUDO DE CASO

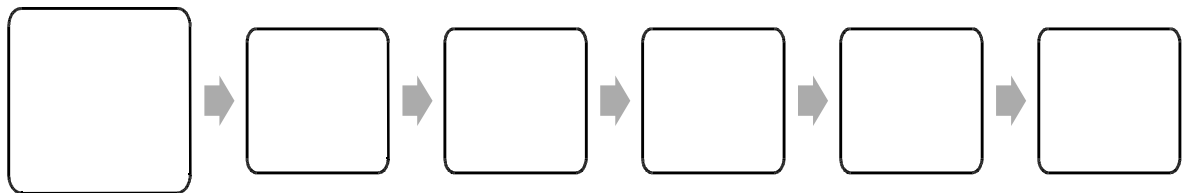
4.1. Apresentação da empresa

A empresa alvo do estudo está localizada na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul e atua no campo da construção civil. A fábrica produz blocos, telhas e pisos de concreto. Caracterizada como de pequeno porte e com administração familiar, a maioria das vendas da empresa é concretizada na cidade de Dourados, porém, alguns de seus produtos tem despertado o interesse de potenciais clientes em outras cidades e regiões do estado. Assim como muitas de suas semelhantes no setor de construção civil, a demanda da empresa vem diminuindo de forma constante desde o início de 2015. No mês de dezembro de 2016 uma gama de blocos de concreto foi adicionada ao portfólio de produtos. Estes tem tido demanda crescente desde o início de sua produção e se tornaram a alternativa mais viável para evitar prejuízos. Entretanto, a capacidade produtiva do processo de confecção destes produtos encontra-se estagnada, sendo necessários novos investimentos ou readequações no sistema produtivo para que a produção possa alcançar níveis maiores.

4.2. Processo produtivo

O processo produtivo dos blocos de concreto é realizado a partir de seis operações básicas, assim como expostos na figura 3. As operações e o tempo necessário para conclusão das mesmas não se alteram entre os diferentes tipos de produtos observados, tendo como única diferença o molde utilizado. Outra informação relevante quanto às características do processo, são as horas disponíveis para produção, que ocorre cinco dias por semana 8,8 horas por dia, porém, metade desse tempo é reservado para manutenções preventivas às segundas e sextas-feiras.

Figura 3 – Fluxograma do processo



Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

4.3. Dosagem

O processo inicia-se pela dosagem de matérias-primas, sendo estas: cimento, agregados e aditivos. Todos os componentes são pesados e adicionados em betoneiras, onde a etapa de mistura se inicia.

4.3.1. Mistura

Nesta etapa todas as matérias primas são agitadas em betoneiras até que a mistura torne-se uniforme e homogênea, possibilitando que o produto final apresente as mesmas características em toda a sua estrutura.

4.3.2. Conformação

Depois de a mistura atingir seu ponto ideal, as betoneiras alimentam os moldes dos produtos que são inseridos em vibro-prensas, equipamento este que prensa os moldes enquanto vibra constantemente, com o intuito de retirar bolhas e compactar a mistura. Os moldes são alocados no equipamento em conjuntos de 8 unidades e o processo dura aproximadamente noventa segundos.

4.3.3. Desmolde

Terminado o processo de conformação, realiza-se a operação de desmolde, onde um operador retira os blocos ainda “crus” dos moldes e os aloca em estrados de madeira para que possam ser enviados para a área de cura.

4.3.4. Cura

Após o término da conformação e desmolde, armazenados em local arejado para que possam passar pelo processo de cura, onde passam por um período de dois dias até que o material atinja as propriedades desejadas.

4.3.5. Armazenagem

Por fim, os produtos são alocados em barracões onde esperam pela expedição.

4.4. Coleta e processamento de dados

A partir da coleta dos dados históricos de produção, deu-se início à primeira etapa do conjunto de procedimentos metodológicos adotados. A família de produtos é composta por blocos com dimensões de quatorze centímetros de largura, dezenove centímetros de altura e quatro variações de comprimento, sendo elas: trinta e nove, trinta e quatro, cinquenta e quatro e dezenove centímetros de comprimento. Como forma de facilitar a diferenciação entre os produtos, os mesmos serão nomeados a partir de seu comprimento, sendo definidos como Blocos de 39 aqueles com 39 centímetros de comprimento e assim sucessivamente, havendo

ainda os blocos de 34, 54 e 19. A Quadro 1 contém os dados de produção dos quatro tipos de blocos em um período de dezoito meses, de janeiro de 2016 a junho de 2017.

Quadro 1 – Dados de produção dos blocos de concreto

Mês	Produção Bloco 39	Produção Bloco 34	Produção Bloco 54	Produção Bloco 19
Jan	13.714	497	1.176	1.147
Fev	12.731	309	1.044	1.062
Mar	14.447	458	1.023	1.155
Abr	13.689	579	995	1.191
Mai	14.755	412	1.207	1.154
Jun	14.315	401	1.129	1.252
Jul	14.667	240	1.255	1.339
Ago	15.543	229	1.438	1.324
Set	14.785	353	1.136	1.183
Out	15.218	453	1.328	1.202
Nov	14.422	318	1.012	1.190
Dez	13.086	362	1.121	1.176
Jan	13.452	381	1.162	1.234
Fev	13.297	359	1.096	1.046
Mar	14.304	519	1.245	1.205
Abr	13.757	446	1.156	1.142
Mai	14.563	322	1.278	1.120
Jun	14.568	409	1.225	997

Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

Como pode-se observar, os dados de produção seguem relativamente constantes para todos os produtos durante o período observado.

Quadro 2 – Outros dados produtivos fornecidos

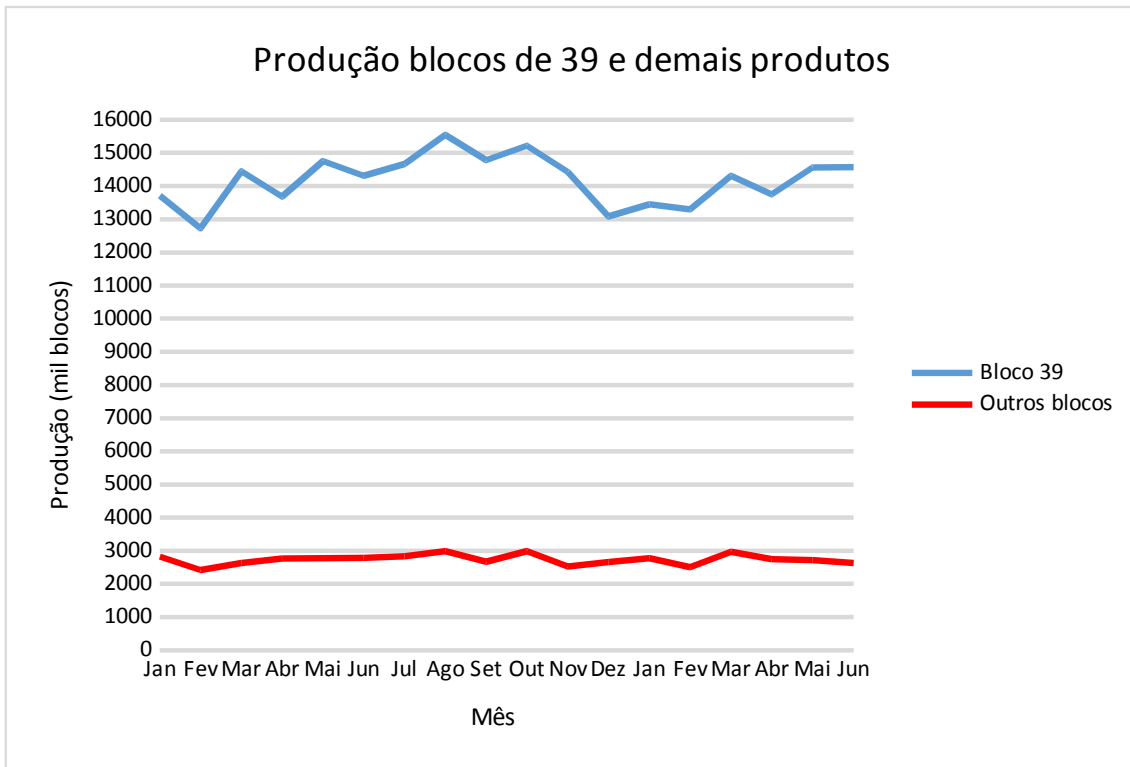
Horas trabalhadas por dia	8,8
Horas disponíveis para produção por dia	50% das horas trabalhadas às segundas e sextas e 100% nos demais dias
Tamanho de lote	8 blocos

Capacidade de produção de lotes por hora	30 lotes/hora
Tempo de setup	30 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

Com os dados de produção disponíveis, teve início a segunda etapa. Pode-se observar a partir dos dados disponibilizados que a produção manteve-se relativamente constante. Sabe-se também, devido a relatos do proprietário, que frequentemente é necessário recusar pedidos de compra, pois a produção não tem sido capaz de atender à demanda. Outra característica visível nos dados é a diferença no volume de produção, estando consistentemente concentrado nos blocos de 39. Isso ocorre pois estes são os blocos mais comuns usados na construção civil, sendo os outros utilizados em conexões, ligações e contornos de paredes. O Gráfico 1 mostra esta diferença a partir da análise da produção dos blocos de 39 comparada com um agregado de todos os outros.

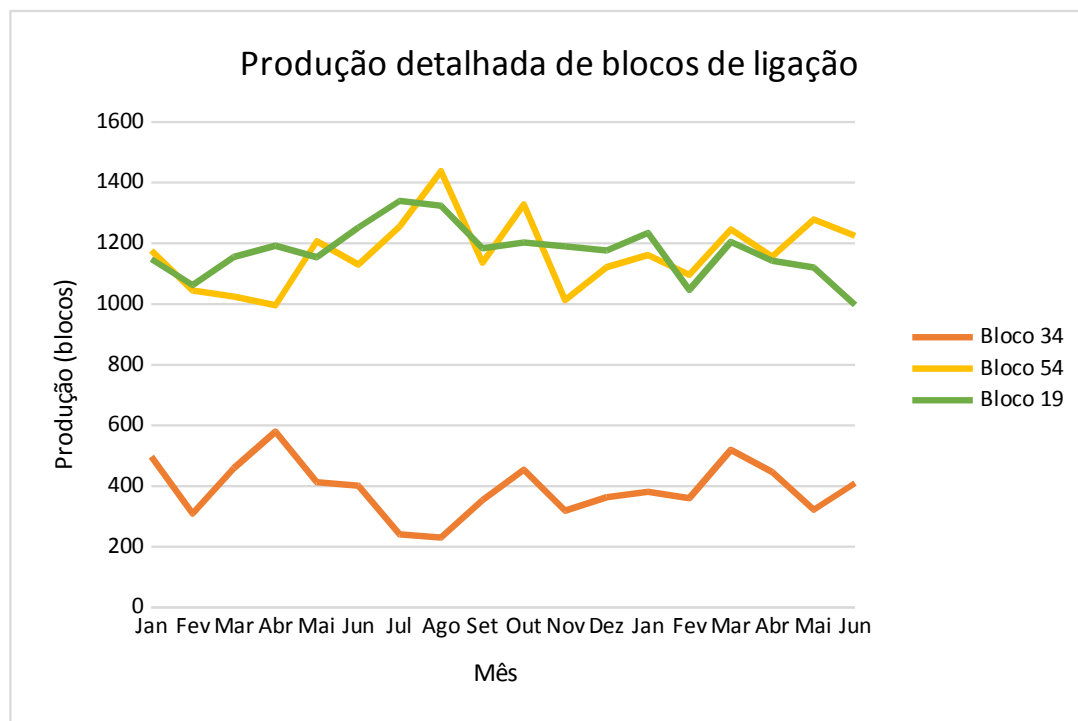
Gráfico 1 – Produção dos blocos de 39 e demais produtos



Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

A análise dos níveis de produção dos outros três tipos de blocos no mesmo período pode ser realizada a partir do Gráfico 2.

Gráfico 2 – Produção detalhada dos blocos de ligação



Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

A partir da análise gráfica, pode-se observar que os blocos mais produzidos são os de 39, seguidos dos de 54 e 19, sendo os blocos de 34 aqueles que possuem o menor nível de produção. Porém, não é possível classificar os blocos em diferentes níveis de importância, devido à necessidade de utilização dos quatro tipos de blocos em obras em que sejam utilizados blocos de concreto. A partir desta observação depreende-se que a otimização da capacidade produtiva precisa levar em consideração, de forma igualitária, as demandas de todos os tipos de blocos de concreto.

A partir dos relatos do proprietário que sugeriam que a produção durante o período estudado (18 meses) havia sido muito próxima da demanda total, havendo ocasiões em que a demanda ultrapassava a capacidade de produção, os dados históricos de produção foram utilizados como base para a realização de previsões de demanda. Estes por sua vez foram realizados por meio de diferentes modelos de previsão de demanda, sendo estes: Modelo de médias móveis, Modelo de suavização exponencial e Modelo de Holt-Winters. Em todos os casos, os modelos foram alimentados com os dados históricos e a capacidade de reprodução dos mes-

mos foi testada utilizando os resultados dos Erros Médios Percentuais Absolutos (MAPE) e Desvios Médios Absolutos (MAD) como parâmetros de comparação. A Quadro 3 apresenta um compilado das metodologias testadas e seus resultados.

Quadro 3 – Resultados dos testes das metodologias de previsão de demanda

Método de previsão	MAD (unidades)	MAPE
Suavização exponencial ($\alpha=0,3$)	661	4,69%
Suavização exponencial ($\alpha=0,5$)	623	4,43%
Suavização exponencial ($\alpha=0,8$)	644	4,55%
Holt-Winters ($\alpha=0,9 \beta=0,1 \gamma=0,1$)	672	4,82%
Holt-Winters ($\alpha=0,5 \beta=0,9 \gamma=0,9$)	593	4,24%
Média Móvel para 3 períodos	897	6,43%
Média Móvel para 6 períodos	397	2,82%
Média Móvel para 9 períodos	407	2,99%

Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

Com os resultados das previsões de demanda, a etapa 4 pode ser executada a partir da análise da Quadro 3. Como pode-se observar, o modelo de previsão de demanda que melhor se ajusta aos comportamentos do processo foi o modelo de média móvel para seis períodos, com MAD de 397 unidades e MAPE de 2,82%.

Baseada no modelo escolhido na etapa 4, a etapa 5 tem início com o cálculo das estimações das previsões de demanda para os meses de julho, agosto e setembro de 2017, estando os resultados expressos na Quadro 4.

Mês	Blocos 39	Blocos 34	Blocos 54	Blocos 19	Total	Total de lotes necessários	Lotes/semana
Jul	14.305	254	1.234	1.293	17.086	2.136	534
Ago	14.900	258	1.351	1.276	17.785	2.223	556
Set	14.226	416	1.096	1.134	16.872	2.109	527

Quadro 4 – Previsão de demanda para os três meses subsequentes

Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

Paralelamente à previsão de demanda, realizou-se a estimativa da capacidade produtiva da planta para os três meses seguintes. Conforme citado anteriormente o processo produtivo está disponível para produção durando 8,8 horas por dia, com exceção de segundas e sextas-feiras, quando metade do turno é reservado para procedimentos de manutenção estando disponíveis apenas 4,4 horas por dia em média nessas ocasiões. A Quadro 5 expõe a capacidade produtiva estimada da empresa para os próximos três meses.

Quadro 5 – Horas produtivas disponíveis para os próximos três meses

Mês	Horas disponíveis
Jul	145,2
Ago	167,2
Set	145,2

Fonte: Elaborado pelo autor com base no acompanhamento do processo produtivo

Com os dados de demanda e capacidade produtiva em mãos, deu-se início a etapa 6 a partir da definição dos critérios de restrição, variáveis de decisão e o objetivo da simulação. O objetivo da simulação escolhido foi a maximização da produção, já que a empresa por vezes não era capaz de atender a demanda do mercado. As variáveis de decisão foram definidas como a quantidade de produção de cada produto a ser realizada em cada dia da semana, utilizando a simbologia presente na Quadro 6 para identificação das ordens de produção.

Quadro 6 – Codificação da simulação

Produto	Código	Dia da semana	Código
Bloco 39	P1	Segunda-feira	1
Bloco 34	P2	Terça-feira	2
Bloco 54	P3	Quarta-feira	3
Bloco 19	P4	Quinta-feira	4
		Sexta-feira	5

Fonte: Elaborado pelo autor

As restrições por sua vez foram delimitadas como restrições de capacidade e restrições de demanda semanais, com intuito de simplificar o plano de produção final. Desta forma a produção está sempre restrita ao tempo de trabalho disponível por dia e à demanda do produto.

Finalmente, na etapa 7 realizou-se a simulação computacional com base nas restrições do sistema produtivo, os resultados estão expostos nas seções a seguir.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Plano produtivo para o mês de Julho

Os resultados retornados pela simulação computacional apresentam as ordens de produção diárias planejadas para um horizonte semanal, com intuito de maximizar os resultados mensais. Essas ordens de produção devem ser repetidas semanalmente. A Quadro 7 traz as ordens de produção a serem executadas nas semanas do mês de julho.

Quadro 7 – Ordens de produção para o mês de julho.

Ordens de produção	
P1,1	117
P1,2	71
P1,3	71
P1,4	71

P1,5	117
P2,1	0
P2,2	4
P2,3	2
P2,4	2
P2,5	0
P3,1	0
P3,2	18
P3,3	10
P3,4	10
P3,5	0
P4,1	0
P4,2	19
P4,3	11
P4,4	11
P4,5	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar-se as Quadros 8 e 9, é possível observar que essa programação da produção seria capaz de suprir as demandas semanais de produtos (que foram calculadas dividindo as demandas mensais em quatro semanas) sem que a capacidade produtiva máxima seja atingida.

Quadro 8 – Resultados da programação da produção para o mês de julho

Produtos	Resultado da programação semanal (Lotes de 8 blocos)	Previsão de demanda semanal (Lotes de 8 blocos)
Bloco 39	447	447
Bloco 34	8	8
Bloco 54	39	39
Bloco 19	40	40

Fonte: Elaborado pelo autor

A Quadro 9 traz a necessidade de horas trabalhadas planejadas para que a produção programada seja executada e a disponibilidade de horas para cada dia da semana. Nos dias em que metade do turno é reservado para manutenção, a capacidade seria utilizada em sua totalidade, porém, nos dias em que não há manutenção haveriam folgas que poderiam ser utilizadas para incrementar a produção.

Quadro 9 – Uso de capacidade produtiva diária a partir da programação da produção proposta para o mês de julho

Dias da semana	Capacidade utilizada (horas)	Capacidade total (horas)
Segunda-feira	4,40	4,4
Terça-feira	4,49	8,8
Quarta-feira	5,14	8,8
Quinta-feira	5,14	8,8
Sexta-feira	4,40	4,4

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2. Plano produtivo para o mês de agosto

Da mesma forma que o plano produtivo do mês de julho fora realizado, tem-se agora o plano produtivo para o mês de agosto. A Quadro 10 traz as ordens de produção a serem executadas nas semanas do mês de agosto.

Quadro 10 – Ordens de produção para o mês de agosto

Ordens de produção	
P1,1	117
P1,2	77
P1,3	77
P1,4	77

P1,5	117
P2,1	0
P2,2	4
P2,3	2
P2,4	2
P2,5	0
P3,1	0
P3,2	20
P3,3	11
P3,4	11
P3,5	0
P4,1	0
P4,2	19
P4,3	11
P4,4	11
P4,5	0

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir das análises dos Quadros 11 e 12, pode-se observar que os resultados para o mês de agosto foram similares ao mês de julho, com o sistema produtivo atingindo sua necessidade de demanda sem que sua capacidade máxima seja exigida.

Quadro 11 – Resultados da programação da produção para o mês de agosto

Produtos	Resultado da programação semanal (lotes de 8 blocos)	Previsão de demanda semanal (lotes de 8 blocos)
Bloco 39	466	466
Bloco 34	8	8
Bloco 54	42	42
Bloco 19	40	40

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim como no mês anterior, pode-se observar a maior disponibilidade de capacidade produtiva para os dias em que não há manutenção planejada.

Quadro 12 – Uso de capacidade produtiva diária a partir da programação da produção proposta para o mês de agosto

Fonte: Elaborador	Dias da semana	Capacidade utilizada (horas)	Capacidade total (horas)	rado pelo au-
	Segunda-feira	4,40	4,4	
Terça-feira	4,70	8,8		
Quarta-feira	5,37	8,8		
Quinta-feira	5,37	8,8		
Sexta-feira	4,40	4,4		

5.3. Plano produtivo para o mês de setembro

Por fim, o plano produtivo para o mês de setembro foi realizado analogamente aos outros dois meses planejados, a Quadro 13 traz as ordens de produção a serem executadas no mês de setembro.

Quadro 13 – Ordens de produção para o mês de setembro

Ordens de produção	
P1,1	117
P1,2	70
P1,3	70
P1,4	70
P1,5	117
P2,1	0
P2,2	6
P2,3	3
P2,4	3
P2,5	0
P3,1	0
P3,2	16
P3,3	9
P3,4	9
P3,5	0
P4,1	0
P4,2	17
P4,3	9

P4,4	9
P4,5	0

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise dos Quadros 14 e 15, pode-se observar que os resultados para o mês de setembro foram próximos aos meses de julho e agosto, com a produção atendendo à demanda sem atingir sua capacidade máxima.

Quadro 14 – Resultados da programação da produção para o mês de setembro

Produtos	Resultado da programação semanal (lotes de 8 blocos)	Previsão de demanda semanal (lotes de 8 blocos)
Bloco 39	445	445
Bloco 34	13	13
Bloco 54	34	34
Bloco 19	35	35

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, para a simulação do mês de setembro, assim como nos meses anteriores, demonstra uma otimização na utilização da capacidade, com folgas nos dias em que não há manutenção programada.

Quadro 15 – Uso de capacidade produtiva diária a partir da programação da produção proposta para o mês de setembro.

Dias da semana	Capacidade utilizada (horas)	Capacidade total (horas)
Segunda-feira	4,40	4,4
Terça-feira	4,54	8,8
Quarta-feira	5,07	8,8
Quinta-feira	5,07	8,8
Sexta-feira	4,40	4,4

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4. Utilização de capacidade

A partir das análises dos resultados obtidos, relacionando a capacidade máxima de horas disponíveis para a produção com a capacidade necessária para que o plano de produção seja posto em prática, pode-se observar que em todos os meses do horizonte de planejamento, não haverá necessidade de utilização da capacidade produtiva máxima e mesmo assim as demandas previstas serão atendidas. Os meses de Julho, Agosto e Setembro teriam respectivamente 67,53%, 68,89% e 66,73% de sua capacidade utilizada, possibilitando assim aumentos na produção, evitando que pedidos não sejam atendidos e possibilitando também que novos contratos sejam celebrados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados fornecidos pela empresa e coletados durante a execução do trabalho foi possível desenvolver um modelo de previsão de demanda e a partir deste foram desenvolvidos planos de produção semanais para os produtos pertencentes à família de blocos de concreto, apresentados como alternativas às práticas atualmente exercidas na empresa, que consistem na definição de forma empírica das prioridades de execução das ordens de produção. Conforme exposto na seção de resultados, a adoção de métodos matemáticos para definição dos planos de produção pode aumentar a capacidade produtiva do processo em aproximadamente 30%.

Além dos pontos abordados neste trabalho, outra oportunidade de melhoria encontra-se no estudo dos métodos de manutenção executados, que atualmente consomem em média 8,8 horas por semana. Para tanto, estudos futuros são necessários para analisar a possibilidade de otimização do tempo gasto em manutenções e a influências destas alterações nos resultados do processo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, M. W.; FILHO, R. M. M.; NOVAES, M. L. O.; APLICAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA FARMÁCIA HOSPITALAR. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011.

ALMEIDA, R. P.; WERNER, L.; UMA REVISÃO SOBRE ABORDAGENS QUE RELACIONAM OS CUSTOS DE PRODUÇÃO E O PROCESSO DE PREVISÃO DE DEMANDA. Revista Produção Online, 2016.

ÁLVARES, A. J. Métodos para Projeto, Planejamento do Processo e Fabricação de Peças Assistidos por Computador. Braga, Portugal. 2015.

ARRUDA, D. M.; JARDIM, E. G. M.; MARTINS, R. C. Planejamento mestre de produção: entendendo o problema e propondo solução através de uma abordagem combinada. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2, 2005, Resende. Anais... Resende: SEDeT, 2005. p. 817-829.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. (2007). *Modelling in Engineering: Advantages and Difficulties*. In: International Conference on the teaching of mathematical modelling and applications, n.12, p.415-42. Londres. Proceedings: Horwood Publishing.

BIKFALVI, P.; ERDÉLYI, F.; TÓTH, T. The “Production triangle” model in production planning and control. IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics AQTR 2010 - THETA 17th edition, Romania, maio 2010.

BLANCK, M.; BANDEIRA, D. L.; ANÁLISE DA CAPACIDADE OPERACIONAL DE UM CENTRO CIRÚRGICO: MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA AO DIMENSIONAMENTO E ALOCAÇÃO DE RECURSOS. Produção e Operações, 2015.

BODEA, C. N.; PURNUŞ, A., Project risk simulation methods: a comparative analysis. Management & Marketing, Challenges for the Knowledge Society, v. 7, n. 4, p. 565-580, 2012.

CANIATO, F.; KALCHSMIDT, M.; RONCHI, S.; Integrating quantitative and qualitative forecasting approaches: organizational learning in an action research case. Journal of the Operational Research Society, 2011.

CHEN, W.; WANG, Z.; CHAN, F. T. S.; Robust production capacity planning under uncertain wafer lots transfer probabilities for semiconductor automated material handling systems. European Journal of Operational Research, 2017.

CHENG, W.; XIAO-BING, L.; Integrated production planning and control: A multi-objective optimization model. Journal of Industrial Engineering and Management, 2013.

CICHOS, D.; AURICH, J. C.; SUPPORT OF ENGINEERING CHANGES IN MANUFACTURING SYSTEMS BY PRODUCTION PLANNING AND CONTROL METHODS. 48th Conference on MANUFACTURING SYSTEMS, 2015.

CONSUL, F. B.; WERNER, L.; AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA UTILIZADAS POR UM SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE ESTOQUES NO SETOR FARMACÊUTICO. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010.

CORRÊA, Henrique L. CORRÊA, Carlos A. Administração de Produção e de Operações. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

DELLOITTE, C. A. Industry 4.0- Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. 2015

ESPINHEIRA, E. S. D. Project Management Foundation. FEUP, Porto, Portugal: JuniFeup- Winning Scientific. 2016

FERNANDES, F. C. F.; FILHO, M. G.; Production control systems: Literature review, classification, and insights regarding practical application. African Journal of Business Management, 2011.

GAHM, C.; DUNNWALD, B.; SAHAMINIE, R.; A multi-criteria máster production scheduling approach for special purpose machinery. *International Journal of Production Economics*, 2014.

GUERRA, R. M. A.; Planejamento das necessidades de materiais: ferramenta para melhoria do planejamento e controle da produção. *Revista GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas de Bauru*. 2014.

LINGITZ, L.; MORATEWETZ, C.; GIGLOO, D. T.; MINNER, S.; SIHN, W. Modeling of flexibility costs in a decision support system for midterm capacity planning. *Procedia CIRP 7, 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, p. 539 – 544, 2013.

LUETH, K. L. 15 components of the smart factory of the future. 2016

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. Planejamento e controle da Produção. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.

PARASCHIV, D.; TUDOR, C.; PETRARIU, R.; THE TEXTILE INDUSTRY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: A holt-winters forecasting investigation for the Eastern European Area. *International Business and Economics Department of Bucharest University Journal*, 2015.

PELLEGRINI, F. R.; FOGLIATTO, F. S. *Passos para implementação de sistemas de previsões de demanda: técnicas e estudo de caso*. *Revista Produção*, v. 11, n. 1, p. 43-64, 2001.

PÉREZ, R. A.; MOSQUERA, S. A.; BRAVO, J. J.; APLICACÃO DE MODELOS DE PROGNÓSTICO EM PRODUTOS DE CONSUMO. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 10 No. 2 (117 - 125)*, 2012.

RAGSDALE, C. T.; Modelagem e análise de decisão. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 608p.

RISPOLI, Fred J.; SHAH, Vishal. (2015). *Using Simulation to Test the Reliability of Regression Models*. *Energy and Environment Research*; v.5, n.1; p.75-81.

SAMOHYL, R. W.; ROCHA, R.; MATTOS, V. L. D.; UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE HOLT-WINTERS PARA PREVISÃO DO LEITE ENTREGUE ÀS INDÚSTRIAS CATARINENSES. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

TANAJURA, A. P. M.; CABRAL, S.; Planejamento de vendas e operações (S&OP) em uma empresa petroquímica. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 2011.

TANG, O.; GRUBBSTROM, R. W.; Planning and replanning the máster production schedule under demand uncertainty. Department of Production Economics, Linkoping Institute of Technology, 2000.

TOUMIKANGAS, N.; KAIPIA, R.; A coordination framework for sales and operations planning (S&OP): Synthesis from literature. International journal of production economics, 2014.

TUBINO, D.F. O Planejamento e Controle da Produção – Teoria e Prática. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

VEIGA, C. R. P.; VEIGA, C. P. C.; DUCLÓS, L. C.; A ACURACIDADE DOS MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA COMO FATOR CRÍTICO PARA O DESEMPENHO FINANCEIRO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. Future Studies Research Journal> Trends and Strategies, 2010.

VERÍSSIMO, A. J.; ALVES, C. C.; HENNING, E.; AMARAL, C. E.; CRUZ, A. C.; MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DE HOLT-WINTERS PARA PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA EMPRESA DO SETOR METAL MECÂNICO. Revista Gestão Industrial, 2012.

VOLLMAN, E.T. *et al.* Sistemas de Planejamento & Controle da Produção para o gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.