

# DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM NOVO MODELO DE PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO (MPS) PARA UMA EMPRESA FABRICANTE DE MATERIAL DE ESCRITA

*DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A NEW MASTER PRODUCTION PLAN (MPS) MODEL FOR A COMPANY MANUFACTURER OF WRITTEN MATERIAL*

**Gustavo BAGNI**

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
gustavobagni@uol.com.br

**Josadak Astorino MARÇOLA**

Universidade Paulista (UNIP)  
josadak@gestareconsultoria.com.br

**José Henrique de ANDRADE**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)  
jose.andrade@ifsp.edu.br

---

Recebido em 06/2018 – Aprovado em 12/2018

## **Resumo**

Apesar da reconhecida importância do Plano Mestre de Produção (MPS) e da vasta literatura sobre o tema, poucos conceitos são efetivamente aplicados em sistemas produtivos industriais. Em decorrência desta perspectiva, essa pesquisa propõe um modelo simples para elaboração do MPS, no qual grande ênfase é dada à redução da unidade de planejamento de mês para semana, à adoção de horizonte de planejamento fixo e rolante, aplicação de períodos de congelamento, baseados nos lead times de fornecimento e fabricação, além da integração do MPS à análise de capacidade. Este modelo foi aplicado através de uma pesquisa-ação em uma empresa fabricante de materiais de escrita. Como principais resultados, observou-se melhoria significativa em indicadores de desempenho como crescimento da produção média por item, aumento da aderência real versus planejado e OTIF. Dada a universalidade do modelo, é factível sua adaptação para outros setores industriais e/ou empresas com diferentes Estratégias de Resposta à Demanda.

Palavras-chave: Plano Mestre de Produção, Planejamento Rolante, Período de Congelamento, Análise de Capacidade.

### **Abstract**

*Despite the recognized importance of the Master Production Schedule (MPS) and the vast literature about this subject, real production systems apply few of those concepts. Therefore, this research aimed to propose a simple model for the elaboration of MPS. In the proposal, some concepts are emphasized, such as: the reduction of the plan unit from month to week, the use of a fixed and rolling planning horizon, the introduction of a frozen period based on purchasing and manufacturing lead times and the integration between MPS and capacity analysis. The model was applied in a written materials company through an action research. The main results were a significant increase in operational indicators, especially mean production per item, OTIF and adherence between planning and execution. The proposed model is generic and can be adapted to other industries, production systems or companies with different demand response strategies.*

**Keywords:** Master Production Schedule, Rolling Planning, Frozen Period, Capacity Analysis.

## **1 INTRODUÇÃO**

---

Com o mercado sendo regido pela demanda e a inserção do cliente como ponto central dos modelos de negócios, as empresas têm adotado a estratégia de atender as necessidades de um maior número de consumidores, sem deixar de lado aspectos pertinentes à customização de seus produtos e serviços. Logo, passaram a oferecer maior variedade de produtos e serviços, em lotes menores, aumentando a complexidade do gerenciamento dos sistemas produtivos (LAMOURI; THOMAS, 2000; WORLEY; DOOLEN, 2015).

A crescente elevação da competição direcionou a alta gerência a atribuir relevância estratégica para a área de manufatura, porque é na manufatura onde encontram-se alocados parte significativa dos recursos de uma empresa industrial. Neste

ponto, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) desempenha papel de extrema importância, ao hierarquicamente, determinar as estratégias de resposta a demanda, estratégias de planejamento da produção, dimensionar e ativar recursos fabris, elaborar os planos e programas de produção (MARÇOLA, 2000; VOGEL; ALMADA-LOBO; ALMEDER, 2017).

Dentre as atividades de planejamento, a elaboração do Plano Mestre de Produção (Master Production Scheduling – MPS) é uma atividade central por ser a origem dos demais planos e programas funcionais. No MPS é definido quais produtos acabados fabricar, suas respectivas quantidades e datas de conclusão (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010). Além disso, o MPS tem influência direta no custo de produção, na utilização dos recursos fabris, no nível de estoque e de serviço ao cliente, e por consequência no lead time de entrega e na flexibilidade da manufatura. A existência de um MPS de qualidade e responsivo é um fator preponderante na obtenção de competitividade e excelência pelas empresas, na medida em que ativa e utiliza os recursos da companhia na quantidade e tempo adequados.

Apesar de conhecida a importância do MPS e dos benefícios que proporciona, poucos trabalhos na literatura focam no processo de elaboração do MPS e sua melhoria (DE SNOO et al., 2011). Esse processo é essencial, dado que em vários sistemas produtivos industriais conceitos básicos de planejamento ainda não são plenamente empregados, apesar da literatura apresentar modelos matemáticos sofisticados para diversas aplicações. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é propor um modelo simples de elaboração de MPS para aplicação de conceitos fundamentais de planejamento em sistemas produtivos.

Quanto a estrutura, este trabalho está organizado em seis seções. Na seção 2 são apresentados os principais resultados da revisão de literatura sobre o Plano Mestre de Produção, com ênfase em cinco (5) tópicos especiais: unidade de planejamento, horizonte de planejamento, planejamento rolante, período de congelamento

e Planejamento da Capacidade Bruta (RCCP - Rough-Cut Capacity Planning). Na seção 3 o método de pesquisa utilizado é descrito e na seção 4 a empresa objeto do estudo é apresentada, assim como o modelo anterior de elaboração do MPS, as mudanças implementadas e o novo modelo de MPS proposto e validado via pesquisa ação. Na seção 5 os resultados dessas alterações são discutidos e na seção 6 são apresentadas as conclusões.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Plano Mestre de Produção

O planejamento da manufatura tem como função a coordenação de uma elevada gama de atividades, desde a compra de matérias-primas e insumos, atravessando a produção e se estendendo até a distribuição e vendas (MARVELIAS; SUNG, 2009). Do ponto de vista hierárquico, essas atividades, além de fluxo longitudinal, envolvem os níveis estratégico, tático e operacional, ou seja, atividades de longo, médio e curto prazo.

Esta definição engloba a visão da Cadeia de Suprimentos e do Planejamento Integrado a todos os pontos da rede de abastecimento. Entretanto, esta ótica é relativamente recente e a maioria das empresas não possui um planejamento integrado com abordagem completa de todo o fluxo produtivo da empresa, do fornecedor ao cliente.

Neste trabalho, será analisado o Planejamento da Produção, que fornece um plano de produção à manufatura (definição dos itens a produzir, suas respectivas quantidades e períodos de tempo) e também elabora um plano de insumos a serem adquiridos. Logo, o foco é no planejamento do nível tático, denominado de MPS, cuja função é elaborar um plano de produção que satisfaça a demanda dos clientes em cada período, respeitando as restrições de todos os integrantes da cadeia de suprimentos (STEINRÜCKE; JAHR,

2012; AKILLIOGLU; FERREIRA; ONORI, 2013). Jonsson e Ivert (2015) definem MPS como o processo de desenvolver planos a fim de determinar quantidades de produtos que deverão ser manufaturados em períodos de tempo específicos.

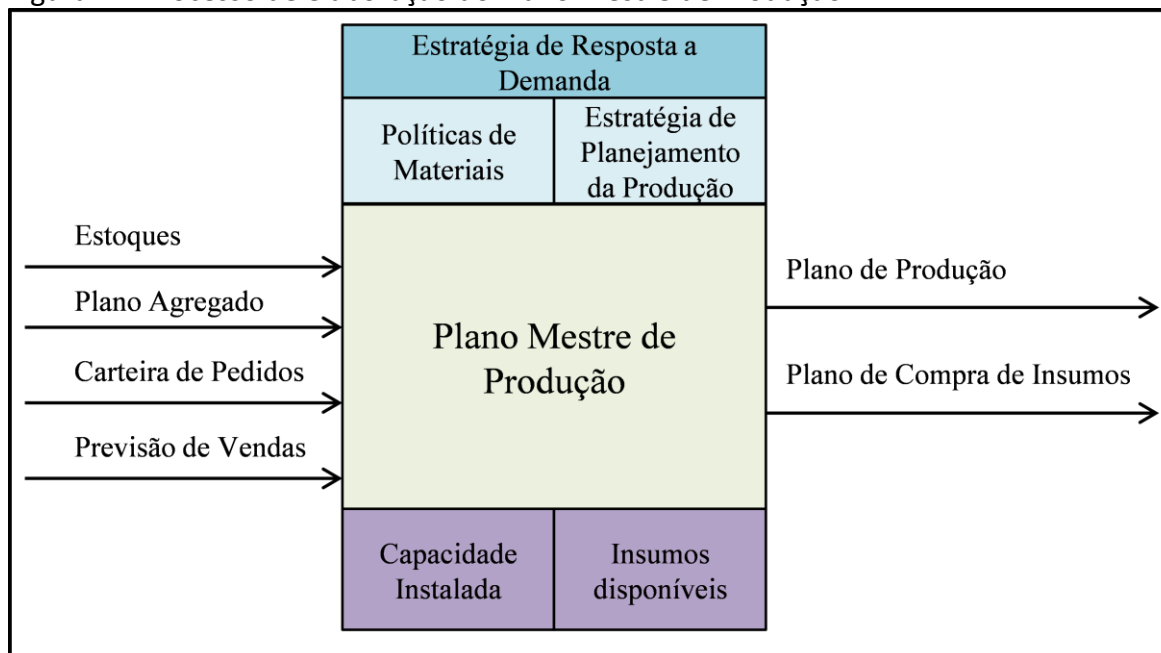
A Figura 1 mostra a essência da elaboração de um MPS. São utilizadas como entradas desse processo a carteira de pedidos dos clientes, a previsão de vendas, as quantidades a serem produzidas por família de produtos (definida no Plano Agregado de Produção) e os estoques disponíveis. A partir dessas informações é elaborado um plano que respeite as estratégias e políticas de materiais, assim como as restrições de capacidade da fábrica e a disponibilidade de componentes. As saídas do processo são um plano de produção e um plano de compra de insumos e materiais para os próximos períodos de planejamento.

Nas próximas seções serão discutidos de forma resumida alguns dos principais conceitos relacionados à estrutura e à elaboração de um MPS. A correta aplicação destes conceitos é essencial para a elaboração de um MPS de elevada qualidade, aderência ao ambiente fabril e as características do mercado fornecedor e consumidor.

### 2.2 Parâmetros do MPS

A Unidade de Planejamento é um pilar de sustentação de qualquer MPS. Uma unidade de tempo muito longa, com extensa lista de produtos acabados, dificulta a visualização de restrições de materiais e capacidade e não transmite claramente ao nível inferior (scheduling) as prioridades a serem seguidas. Por outro lado, um período de planejamento extremamente curto faz com que o MPS se aproxime da programação da produção, trabalhando com um grau de detalhamento elevado e não adequado para o nível tático, além de consumir grande parcela de tempo para sua elaboração (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Figura 1 – Processo de elaboração do Plano Mestre de Produção



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Horizonte de Planejamento é outro pilar de sustentação de um MPS, definido por Zhao e Lam (1997) como o número de períodos para os quais o plano de produção será desenvolvido em cada ciclo de replanejamento. Por exemplo, se a unidade de planejamento de um MPS for semanal e o horizonte de planejamento de 5 semanas, então a cada atualização o MPS será atualizado para as próximas 5 semanas. Na maioria das situações práticas o horizonte de planejamento é estipulado entre 4 semanas e 18 meses, mas não há consenso quanto o seu dimensionamento (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010; ASHAYERI; SELEN, 2005).

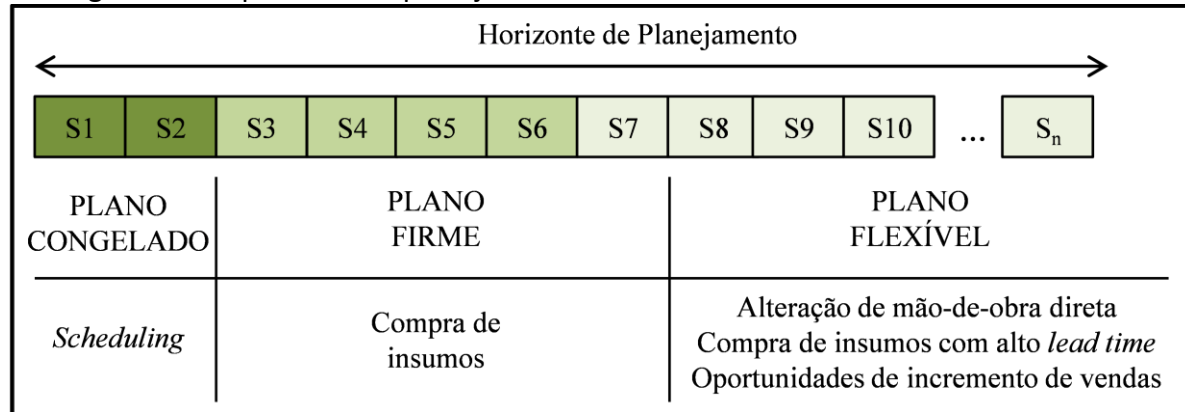
O Horizonte Rolante de Planejamento consiste na inserção de um outro período de planejamento no final da série de dados, substituindo-se o período realizado, mantendo-se fixo o número de períodos planejados (JANS; DEGRAEVE, 2008). Essa ação é feita com a atualização do MPS para correção dos erros de previsão de vendas ocorridos no período finalizado, e acerto das divergências entre o planejado e realizado (TANG; GRUBBSTRÖM, 2002).

A Frequência de Replanejamento se faz necessária porque os planos não são

implementados exatamente na sua forma original. Embora sejam elaborados para um horizonte de planejamento longo, o replanejamento ocorre frequentemente e os planos são usados de modo rolante. Na prática o replanejamento é feito de modo frequente, em virtude da mudança nos dados, como revisão da previsão de demanda, entrada de um pedido de venda significativo, programas modificados, quebras de máquinas, falta de componentes críticos para o processo produtivo, entre outros (MARÇOLA, 2000).

A elevada frequência das alterações do MPS, entretanto, ocasiona aumento dos custos produtivos, além de majorar estoques e gerar instabilidade em todo o sistema produtivo (SRIDHARAN; BERRY; UDAYABHANU, 1988). Mais do que isso, pode ocorrer amplificação de resultados não desejáveis. Por esta razão, apesar do planejamento ser realizado para vários períodos, apenas os primeiros são fixados para a programação da produção e compra da maioria das matérias primas (LI; IERAPETRITOU, 2010; VARGAS; METTERS, 2011). Bose e Rao (1988) e Ashayeri e Selen (2005), apresentam um modelo de divisão do horizonte de planejamento em 3

Figura 2 – Os períodos de planejamento



Fonte: Elaborado pelos autores.

grupos de períodos - congelado, plano firme e plano flexível (Figura 2).

O Período de Congelamento é utilizado para trazer estabilidade ao MPS, com ele um determinado número de períodos (unidades de planejamento) é congelado e não é alterado nas atualizações do plano (XIE; ZHAO; LEE, 2003; SAHIN; ROBINSON; GAO, 2008). A seleção do período de congelamento é uma decisão importante, uma vez que períodos excessivamente curtos apresentam tendência de elevação do custo de produção e de inventário, porém são mais favoráveis ao atendimento das alterações da demanda. Períodos longos, por outro lado, aumentam a possibilidade de redução dos custos de produção e inventário, mas também diminuem o nível de serviço (TANG; GRUBBSTROM, 2002; SAHIN; ROBINSON; GAO, 2008).

### 2.3 Análise da Viabilidade do MPS

A análise da viabilidade de um MPS é atividade fundamental na elaboração de um plano mestre de boa qualidade (ASHAYERI; SELEN, 2005; WANG; SHIH, 2011; YU; CHEN; ZHANG, 2015). Essa análise deve ser dividida em duas etapas: (i) análise de disponibilidade de componentes e (ii) análise de disponibilidade de capacidade. A primeira garante que os componentes necessários para fabricação dos produtos acabados estarão disponíveis no momento e na

quantidade requerida. A segunda, garante a existência de capacidade disponível nas unidades fabris para a execução do plano mestre em sua totalidade (LI; IERAPETRITOU, 2010).

A cada nível hierárquico de planejamento, uma análise de capacidade deve estar atrelada, de forma a garantir a viabilidade do plano na fábrica. Os planos de produção e as análises de capacidade são realizados em diferentes patamares de agregação e detalhamento. Por esta razão, a validação de um plano agregado no nível de Planejamento das Necessidades de Capacidade (Resource Requirement Planning – RRP) não garante que o MPS seja viável no nível do Planejamento da Capacidade Bruta (RCCP - Rough-Cut Capacity Planning). Para maiores informações sobre os tipos de análise de capacidade atrelados a cada nível hierárquico de planejamento, consultar Fernandes e Godinho Filho (2010).

No RCCP é analisada a ocupação dos recursos gargalos da fábrica, uma vez que estes recursos restringem a capacidade total de produção de cada linha, sendo que muitas vezes a capacidade fabril é superestimada no nível agregado (LI; IERAPETRITOU, 2010). Para tanto, as quantidades a serem feitas dos itens em um período são convertidas em cargas de trabalho nos recursos gargalos.

Existem 4 técnicas principais para RCCP: (i) Lista de Recursos, (ii) Planejamento de Capacidade usando Fatores Globais, (iii) Perfil dos Recursos e

(iv) RCCP usando Roteiros. Destes, os dois últimos são os que produzem resultados mais próximos à realidade, apesar de requererem maior capacidade de processamento de dados (WORTMANN et al., 1996; MARÇOLA, 2000).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

---

Após a identificação da lacuna entre teoria e prática na elaboração do MPS, os autores selecionaram um sistema produtivo industrial real para entender as razões desse gap e construir e implementar um modelo, se viável, para implementação dos principais conceitos de PCP identificados na literatura. Em virtude da necessidade dos autores participarem ativamente no processo de construção desse modelo, em conjunto com os colaboradores da empresa, foi realizada uma pesquisa-ação, com o objetivo de entender profundamente o fenômeno estudado. (MIGUEL, 2009).

Segundo Thiollent (2005), a pesquisa-ação facilita a busca de soluções para problemas reais devido ao seu potencial de revelar evidências de difícil captação a partir de outros procedimentos de pesquisa. Seu planejamento é bastante flexível e adaptável, construído através da interação entre pesquisador e seu relacionamento com a situação investigada.

Coughlan e Coughlan (2002) apontam o processo da pesquisa ação como segmentado em um ciclo de quatro passos: 1. Planejamento; 2. Realização da ação; 3. Avaliação da ação; 4. Planejamento dos passos posteriores.

O sistema produtivo escolhido foi uma empresa fabricante de lápis, pelo fato dessa empresa possuir um departamento de Planejamento e Controle de Produção bem estruturado, com a elaboração mensal de um MPS. Entretanto, esse MPS não atendia plenamente as necessidades das áreas fabris e de compras. Assim, o caso selecionado permitiu pesquisar e rastrear as

causas para não aplicação ou aplicação de conceitos de planejamento na elaboração de um MPS para companhia.

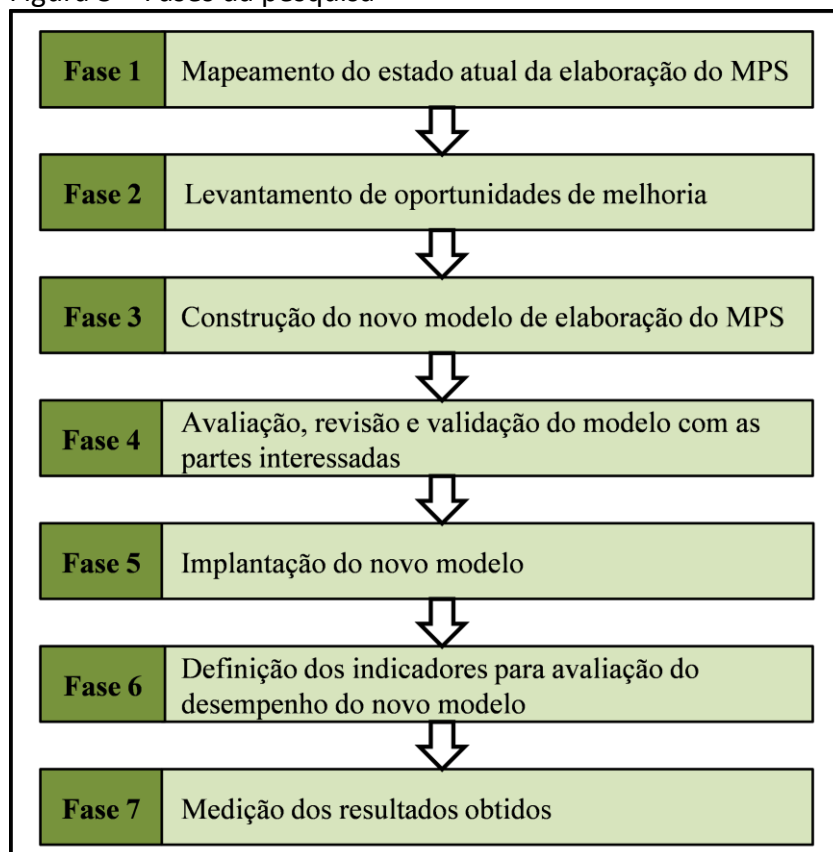
Inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura sobre Plano Mestre de Produção, onde identificou-se os principais conceitos e técnicas para elaboração de um bom plano. A revisão de literatura prosseguiu durante a pesquisa-ação, à medida que novos conceitos se mostraram importantes frente a realidade observada.

A pesquisa-ação foi composta de 7 fases, apresentadas na Figura 3, tomando como base o roteiro proposto por Thiollent (2005) e os passos do ciclo proposto Coughlan e Coughlan (2002).

Na Fase 1 foi realizado o mapeamento do processo de elaboração do Plano Mestre, sendo também identificados os pontos críticos de resolução. Na Fase 2 os pesquisadores interagiram com o departamento responsável pela elaboração do plano (gerente de planejamento e dois planejadores) e com diversos clientes internos do plano (gerente de produção, dois supervisores de produção, dois programadores e gerente de compras), a fim de entender a percepção de cada parte interessada em relação ao plano, efetuar o levantamento de requisitos e registrar as oportunidades de melhoria já identificadas por estes agentes.

Na Fase 3 definiu-se um novo modelo de elaboração do Plano Mestre, com base nas oportunidades identificadas na Fase 2. Esse modelo foi avaliado e revisado na Fase 4, juntamente com os participantes da pesquisa-ação na empresa objeto de estudo. Na Fase 5, o modelo revisado foi implantado. Na Fase 6 foram definidos os indicadores desempenho que seriam mensurados, monitorados e controlados, com intuito de mostrar a evolução dos resultados e indicar a melhoria na elaboração do MPS com a proposta implantada. Por fim, na Fase 7, os indicadores foram efetivamente medidos e os resultados obtidos foram avaliados.

Figura 3 – Fases da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4 PESQUISA-AÇÃO

### 4.1 A empresa objeto de estudo e as restrições produtivas

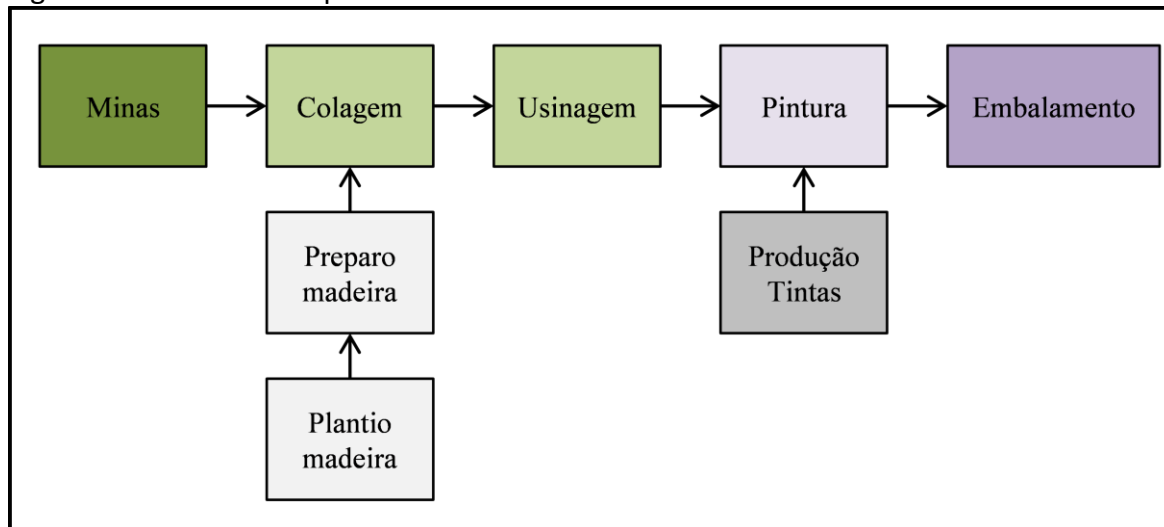
A empresa estudada é uma das principais fabricantes de material de escrita no mundo, possuindo uma marca reconhecida pelo público como associada a produtos de alta qualidade, favorecendo a venda de seus produtos em mais de 120 países. Dentre seu portfólio de produtos, o lápis é o de maior destaque, sendo por esse motivo a linha de produtos que será avaliada nessa pesquisa. Desse modo, tanto a escolha da empresa, quanto da linha de produtos a ser investigada, foi intencional e não probabilística.

A produção do lápis, seja colorido ou grafite, ocorre em uma cadeia produtiva altamente

verticalizada, composta por uma sequência de mini-fábricas. Inicia-se no plantio das mudas de árvores, passando pelo preparo da madeira, produção da mina, produção das tintas usadas para pintar os lápis, colagem, usinagem, pintura e embalagem (Figura 4).

O MPS do lápis é elaborado com base nos produtos acabados (Stock Keeping Unit – SKU), ou seja, os lápis embalados. Por esse motivo, o MPS é input direto para a programação da produção do Embalamento, último estágio do processo produtivo. Nesse setor existem grupos de máquinas específicos para embalagem de conjuntos de lápis, como 12, 24, 36 e 48 cores. São restrições para o MPS: a capacidade máxima das embaladoras por grupo de cores, a disponibilidade das embalagens e a disponibilidade de caixas master (caixas para

Figura 4 – A cadeia do lápis



Fonte: Elaborado pelos autores.

transporte e armazenagem que contém várias caixas de lápis embalado de um mesmo produto).

Outro setor importante para a elaboração do MPS é a Pintura, em decorrência de restrições tecnológicas que limitam a liberação técnica dos recursos dessa área para executar este processo em cada tipo de lápis. Existem grupos de células de pinturas, tais como células regulares, células para lápis triangular, células para lápis neon, jumbo, carpinteiro, dentre outras. Cabe ressaltar que a distribuição do volume nos mix de itens também deve respeitar as capacidades de cada grupo de células de pintura.

Um terceiro setor relevante é o de Preparo de Madeira. No corte das toras de madeira, são produzidos diferentes tipos de madeira, sendo esse um exemplo de estrutura do produto arborecente. Assim, gera-se múltiplos itens pois que são utilizados na fabricação de lápis. A disponibilidade dos tipos de madeira necessários é restrição fundamental, dado que existe um período de descanso da madeira para garantir a qualidade final dos lápis produzidos.

Por fim, a quarta área relevante é a Mini-fábrica de Minas. Nesse setor existe um estoque isolador de processo, em razão do maior lead time desses processos em relação aos demais e ao fato dos lotes dessa área serem produzidos por bateladas,

estando diretamente atrelados a capacidade dos equipamentos. A existência desse estoque proporciona independência desse setor em relação às demais áreas produtivas. Entretanto, é essencial a disponibilidade da mina para o cumprimento integral do MPS definido.

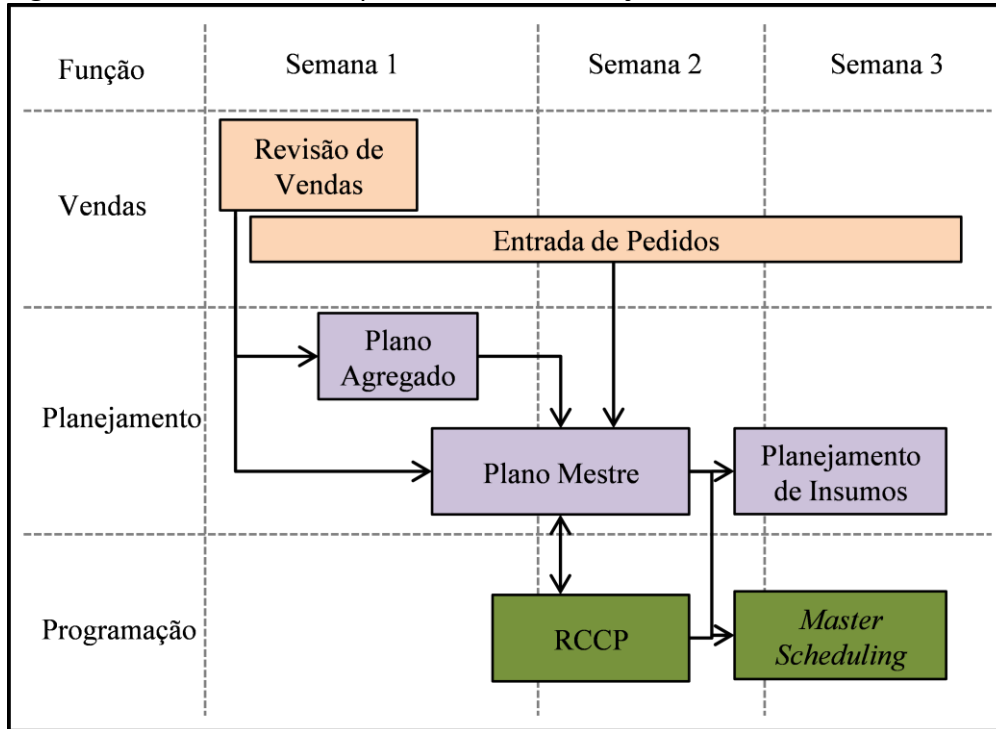
#### 4.2 Estado inicial do planejamento na empresa

No início da pesquisa, mapeou-se o processo de elaboração do MPS, para identificação de problemas e oportunidades de melhoria. O início do processo é disparado após o recebimento da revisão de vendas – entrega mensal em torno do dia 15 de cada mês (Figura 5). A revisão de vendas, em geral, traz alterações apenas para os meses seguintes, porém em alguns períodos do ano, notadamente no de pico de vendas (setembro a dezembro), ocorrem mudanças também no mês vigente.

O Plano Agregado é atualizado pelo planejador da categoria de lápis, sendo definidos não apenas os volumes mensais de produção do lápis como um todo, mas também de algumas linhas críticas, em especial células de pintura, que possuem um Plano Agregado separado para análise de restrições de longo prazo (capacidade e compra de insumos de alto lead time).



Figura 5 – Estado inicial do processo de elaboração do MPS



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir do Plano Agregado, da própria revisão de vendas e da carteira de pedidos, o planejador elabora o MPS por SKU, com base em política pré-definida de estoque por família de SKU. Esse plano é mensal e engloba tanto itens MTO quanto MTS. Em geral, o plano é feito para 5 meses, seguindo a seguinte lógica:

- Plano do mês vigente (mês 0): pequenas atualizações em função de alterações na previsão de vendas, é enviado diretamente à produção;
- Plano do próximo mês (mês 1): enviado para análise RCCP do supervisor de PCP (Planejamento e Controle da Produção) e, posteriormente para os planejadores de insumos e para programação na fábrica.
- Plano do mês 2: utilizado para compra de embalagens e insumos específicos de lead time superior a 30 dias.
- Planos dos meses 3 e 4: utilizado para a compra de cartões de embalagens e planejamento do corte e produção de madeira.

Na análise de capacidade (RCCP), o supervisor de PCP (que não pertence a mesma gerência do planejador), analisa a capacidade dos equipamentos e a disponibilidade de mão-de-obra. A demanda de mão-de-obra é altamente dependente do mix de produtos, uma vez que a quantidade de mão de obra direta requerida para operação de cada recurso é extremamente variável. Além disso, existe uma Unidade Fabril, denominada Central de Embalamento Manual, que eleva a influência do mix na definição do número de pessoas.

Após retornar as restrições de capacidade fabril ao planejador, este verifica como adequar o plano as restrições, reduzindo a produção de itens MTO da carteira de pedidos que não sejam do próprio mês e o estoque de segurança de itens MTS. Esse processo é iterativo, havendo possibilidade de ocorrer reiteradas vezes, em virtude da existência de múltiplas e concomitantes restrições (embaladoras, pintura, madeira, minas, dentre outras), sendo que alterações no plano para atender determinada restrição podem ocasionar

o surgimento de outras restrições. Por essa razão, notou-se casos em que o plano foi validado uma semana após ter sido emitido pela primeira vez pelo planejador. Sendo assim, o plano final somente é definido nos últimos dias do mês, com um lead time insuficiente para produção das minas críticas, alinhamento de necessidades de embalagem e mesmo remanejamento de pessoas entre os três turnos vigentes na fábrica.

Quando há a necessidade de alteração no plano ao longo do mês, seja por aumento de vendas, falta de um componente comprado ou qualquer outro motivo, a situação torna-se mais grave, porque o planejador atualiza o plano sem avaliar as restrições da fábrica, em virtude do processo de análise de capacidade ser lento e não realizado em paralelo com o MPS. Nesse momento, o plano pode se tornar inviável, fato esse somente perceptível no final do mês. Além disso, verificou-se casos em que itens reduzidos do MPS já estavam em produção na fábrica, uma vez que essa informação não está estruturada e informatizada. Quando os itens semiacabados são específicos (ou seja, são utilizados em apenas um ou poucos SKUs, como os lápis do estojo de 48 cores que não são comuns ao estojo de 36 cores), ocorrem conflitos entre o Supervisor de PCP e o Planejador, com o SKU sendo novamente inserido no plano.

Somado a tudo isso, dentro de cada grupo de recursos, existe uma grande quantidade de itens que é produzida dentro de um mês, variando de 10 a 30 itens, dependendo do recurso. Ao programar o mês, o supervisor efetua o sequenciamento de todos esses itens, baseado em critérios de priorização, como por exemplo, ordenar sequencialmente SKUs do mesmo lápis para otimizar set up. Não é utilizado nenhum critério comercial nessa programação (importância do cliente, risco de falta, entre outros), com exceção da data das ordens. Como a maioria dos pedidos de cliente estão concentrados nos últimos dias do mês, em geral os produtos com maior complexidade de produção são programados apenas na última semana do mês. Por este motivo, problemas de abastecimento de clientes são constantes na

fábrica, atingindo um OTIF (on time in full) mensal inferior a 50% em uma das unidades de negócios da empresa. Isso significa que menos da metade das ordens são atendidas na data solicitada pelo cliente (on time) e nas quantidades corretas de cada um dos produtos (in full).

### 4.3 Técnicas aplicadas

Entendido o modelo e o processo de elaboração do MPS na empresa, além de identificadas as principais lacunas e os problemas representativos em relação ao processo de elaboração e os resultados associados ao MPS, recorreu-se a literatura para identificar estratégias, técnicas, métodos e ferramentas de planejamento que viabilizassem a elaboração de um novo modelo de MPS, mitigando esses problemas e gerando um MPS de qualidade superior para as diversas partes interessadas.

A primeira questão abordada diz respeito ao porquê da unidade do MPS ser mensal, uma vez que existem muitos artigos na literatura que citam a unidade semanal como unidade de planejamento mais adequada para o MPS. Como resposta e justificativa a essa pergunta, entendeu-se com os membros da empresa estudada que o uso da unidade mensal decorria da periodicidade mensal da revisão de vendas e do fato do faturamento e dos níveis de estoque da empresa serem contabilizados ao final de cada mês. Por essas razões, além de conservar a integração com o Plano Agregado de Produção, decidiu-se continuar com o Plano Mestre de Produção mensal. Entretanto, optou-se por efetuar a segmentação do mês em semanas.

A introdução do método de unidade semanal reduziu o número de itens por recurso a cada unidade do MPS, facilitando a programação do MPS. A mesma afirmativa também é válida para o planejamento de insumos. Toda a cadeia de suprimentos da empresa (interna e externa) passou a se preparar para entregar os mesmos itens na semana pré-determinada, coordenação esta que não ocorria anteriormente, explicando parcialmente a falta de componentes na produção, notadamente no setor de embalagem.

O plano semanal trouxe também visibilidade aos prazos de entrega dos itens embalados, facilitando a interface desse setor com a área comercial, além de evitar a concentração da produção das ordens no final do mês, aumentando o OTIF.

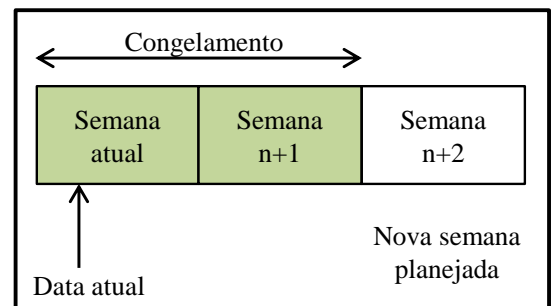
Além disso, a unidade semanal permitiu tornar o plano rolante, mantendo-se o horizonte de planejamento fixo, possibilitando que o planejamento de insumos e a produção não esperassem os últimos dias do mês para comprar insumos e programar a fábrica para o início do próximo mês. Essa nova dinâmica de planejamento e replanejamento contribuiu para melhorar o alinhamento, a integração e sincronismo da cadeia produtiva e para o aumento da frequência das entregas. Nesse novo modelo, o planejador passou a liberar o plano de produção para as próximas 2 semanas na terça-feira da semana vigente, ou seja, a produção passou a ter um horizonte mínimo de 15 dias para programar seus SKUs.

Após a definição da unidade semanal e da elaboração de um plano rolante, percebeu-se a necessidade de congelar o plano, uma vez que as mudanças continuavam a ocorrer. Como exemplo, na terça-feira, o planejador continuava a promover alterações de itens e/ou quantidades para os próximos dias daquela semana, mesmo com estes itens já programados. Essas mudanças geravam elevado ruído na cadeia produtiva, sobras de estoque nas diversas fases do processo, aumento de custo, além de redução no nível de serviço ao cliente.

Deste modo, após uma série de reuniões com Gerências das Áreas de Produção e Planejamento, decidiu-se congelar o plano inicialmente para a semana vigente. Assim, após liberar o plano na terça-feira, não é mais permitido ao planejador alterar o plano para semana atual. Com o congelamento, verificou-se aumento do nível de serviço e redução do estoque em processo, proporcionando credibilidade ao método, permitindo que logo na sequência fosse realizada a extensão do período congelado para duas semanas (Figura 6).

Em paralelo às alterações descritas, integrou-se à elaboração do MPS ao Planejamento de Capacidade Bruta (RCCP). Para realizar essa integração foi necessário redefinir funções e redistribuir as atividades entre os setores de Planejamento e de PCP, de modo que o planejador mestre, dentro do conceito de dono do processo, também realizasse essa tarefa. Assim, o planejador mestre passou a dimensionar todos os equipamentos fabris (número de turnos trabalhados) e a calcular a quantidade de mão de obra direta necessária para execução do plano. Além disso, o planejador passou a estimar o número de pessoas necessárias para os próximos meses, enviando essa informação para a Produção e para o departamento de Recursos Humanos, auxiliando no planejamento de férias e preparação antecipada de aumento ou redução da mão de obra direta.

Figura 6 – Plano Congelado e Plano Flexível



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com essa integração, reduziu-se em cerca de 4 dias o tempo entre a elaboração e a divulgação do MPS. Além disso, o RCCP passou a ser realizado a cada revisão do plano, garantindo que a fábrica recebesse planos de produção exequíveis e compatíveis com a capacidade dos recursos fabris, contribuindo para aumento da aderência entre planejado e realizado.

## 5 RESULTADOS

Com a finalidade de medir o desempenho do novo modelo de MPS, foram selecionados os

seguintes indicadores: (i) produção média por item, (ii) aderência do plano e (iii) OTIF. Os critérios de seleção desses indicadores deve-se a três aspectos: englobam diferentes dimensões do MPS, eram factíveis de medição e críveis de auditoria, conforme discussão entre os pesquisadores e colaboradores da empresa objeto de estudo. Esses indicadores foram medidos e comparados nos 12 meses anteriores e nos 12 meses posteriores as alterações no modelo do MPS. A produção média por item é a divisão da quantidade de produção planejada pelo total de itens planejados. Um bom plano deve possuir uma produção média elevada, de modo que os itens de baixo volume não sejam produzidos todos os meses.

A aderência ao planejado é a relação entre a produção real e a produção planejada para cada um dos itens, sendo o valor acumulado em módulo para obter-se a aderência total do plano. Um plano com alta aderência significa que o MPS respeita as restrições de componentes e de capacidade, sendo fiel à realidade do chão-de-fábrica.

Por fim, o OTIF representa o número de ordens que são atendidas no prazo e na quantidade total de seus itens. Esse é o principal indicador utilizado pela área comercial da empresa, razão pela qual foi selecionado. Os resultados comparativos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados obtidos com as modificações realizadas no MPS

<b>Indicador</b>	<b>Estado Inicial</b>	<b>Após modificações</b>
Qtd/SKU	3.067	3.858
Aderência	0,76	0,81
OTIF	0,39	0,48

Fonte: Elaborado pelos autores.

A produção média por item aumentou 25%, o que significa que, em média, os itens deixaram de ser feitos 12 vezes ao ano (todos os meses) para

serem feitos de 9 a 10 vezes. Esse valor expressa uma redução no número de SKUs mensais do plano de 20% e, conseqüentemente, do nível de complexidade para programar a produção, além de aumento indireto na eficiência da fábrica e na Eficiência Global do Equipamento (OEE – Overall Equipment Effectiveness), obtida principalmente com a redução do número de set ups.

O aumento da aderência foi obtido principalmente pela redução do número de SKUs semanais com a visualização e priorização dada pelo plano semanal para toda a cadeia produtiva. Com essa priorização, houve redução no número de componentes faltantes, o que fez com que o embalamento aumentasse em 5% a aderência de sua produção em relação à programação realizada. Além disso, a incorporação do RCCP nas atividades de planejamento elevou a viabilidade do plano e o congelamento reduziu as alterações na embalagem e nos planos setoriais, aumentando a sincronia da produção na cadeia e minimizando a falta de componentes no setor de embalamento.

Por fim, a elevação da aderência à programação, resultou em acréscimo nos índices das entregas das ordens no prazo e quantidades corretas, dado que o plano semanal é feito em função do atendimento das ordens nos prazos pré-estabelecidos. Com o horizonte rolante, o planejador analisa a concentração de ordens de clientes em cada recurso para as próximas semanas e, havendo concentração de SKU's em um determinado período, ele antecipa parte das ordens para períodos anteriores. O incremento do OTIF - de 9% - foi muito significativo e fundamental para mudar a visão da importância da fábrica por parte da alta direção.

## 6 CONCLUSÕES

A elaboração de um MPS de qualidade é essencial para garantir a competitividade de uma empresa no mercado, na medida que o MPS tem influência direta no custo (eficiência fabril, OEE, níveis de estoque) e no faturamento (nível de serviço, lead

time de atendimento de ordens, velocidade de execução de novos projetos e produtos).

Nesta pesquisa, notou-se que a aplicação adequada e ajustada ao ambiente produtivo de conceitos de PCP podem melhorar os resultados operacionais da empresa. Dentre esses, destacam-se a correta definição da unidade de planejamento, horizonte de planejamento e período de congelamento, assim como a utilização de planos rolantes e Planejamento da Capacidade Bruta atrelados a elaboração do MPS.

O uso de uma unidade de planejamento menor (semanal, por exemplo) auxiliou na redução da distância entre o MPS (Nível Tático) e a Programação (Nível Operacional). Entretanto, como o esforço requerido na elaboração de um MPS ser inversamente proporcionar a redução da unidade de planejamento, é interessante que apenas os próximos períodos sejam quebrados em uma unidade de planejamento, sendo os demais realizados em uma unidade maior (mensal, por exemplo). Assim, obtém-se uma aproximação com o nível tático, não ocorrendo perda de horizonte para compra de itens de longo lead time e não demandando elevados esforços para detalhamento de um plano sujeito a grandes alterações.

Outra técnica valiosa foi o congelamento de uma fração do horizonte de planejamento. O congelamento de duas semanas trouxe estabilidade para o plano, propiciando que programas detalhados fossem elaborados – sequenciamento e programação das atividades de produção, ferramentaria e abastecimento. Essa estabilidade proporcionou maior produtividade, além de critérios qualitativos como maior credibilidade no MPS, menor nível de conflito, entre outros.

Do ponto de vista teórico, o modelo proposto nessa pesquisa é um ponto de partida para aplicação de conceitos de Planejamento e Controle de Produção na elaboração de um MPS. É factível sua adaptação para outras empresas com diferentes Estratégias de Resposta à Demanda e Estratégias de Planejamento da Produção, sendo essa uma recomendação para

trabalhos futuros como forma de reduzir a lacuna entre teoria e prática na elaboração do MPS.

## REFERÊNCIAS

AKILLIOGLU, H.; FERREIRA, J.; ONORI, M. Demand responsive planning: workload control implementation. *Assembly Automation*, v. 33, n. 3, p. 247-259, 2013.

ASHAYERI, J.; SELEN, W. An application of a unified capacity planning system. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 25, n. 9, p. 917-937, 2005.

BOSE, G.J.; RAO, A. Implementing JIT with MRP II creates hybrid manufacturing environment. *Industrial Engineering*, v. 20, n. 9, p. 49-53, 1988.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Actions research for operations management. *International Journal of Operations Production Management*, v.22, n.2, p.220-240, 2002.

de SNOO, C.; van WEZEL, W.M.C.; JORNA, R.J.J.M. An empirical investigation of scheduling performance criteria. *Journal of Operations Management*, v.29, n.3, p.181-193, 2011.

FERNANDES, F.; GODINHO FILHO, M. Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

JANS, R.; DEGRAEVE, Z. Modeling industrial lot sizing problems: a review. *International Journal of Production Research*, v. 46, n. 6, p. 1619-1643, 2008.

JONSSON, P.; IVERT, L.K. Improving performance with sophisticated master production scheduling. *International Journal of Production Economics*, v.168, pag.118-130, 2015.

LAMOURI, S.; THOMAS, A. The two level master production schedule and planning bills in a just in time MRP context. *International Journal of Production Economics*, v. 64, n. 1, p. 409-415, 2000.

LI, Z.; IERAPETRITOU, M.G. Rolling horizon based planning and scheduling integration with

production capacity consideration. *Chemical Engineering Science*, v. 65, n. 22 p. 5887-5900, 2010.

MARÇOLA, J.A. Horas anualizadas como técnica do planejamento da capacidade em sistemas de manufatura. 177 f. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – Universidade São Paulo (USP), 2000.

MARVELIAS, C.T.; SUNG, C. Integration of production planning and scheduling: Overview, challenges and opportunities. *Computers and Chemical Engineering*, v. 33, n. 12, p. 1919-1930, 2009.

MIGUEL, P.A.C. QDF no desenvolvimento de novos produtos: um estudo sobre a sua introdução em uma empresa adotando a pesquisa-ação como abordagem metodológica. *Produção*, v.19, n.1, p.105-128, 2009.

SAHIN, F.; ROBINSON, E.P.; GAO, L. Master production scheduling policy and rolling schedules in a two-stage make-to-order supply chain. *International Journal of Production Economics*, v.115, p.528-541, 2008.

STEINRÜCKE, M.; JAHR, M. Tactical planning in supply chain networks with customer oriented single sourcing. *The International Journal of Logistics*, v. 23, n. 2, p. 259-279, 2012.

SRIDHARAN, S.V.; BERRY, W.L.; UDAYABHANU, V. Measuring master production schedule stability under rolling planning horizons. *Decision Sciences*, v. 19, n. 1, p. 147-166, 1988.

TANG, O.; GRUBBSTRÖM, R.W. Planning and replanning the master production schedule under demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, v. 78, n. 3, p. 323-334, 2002.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 14a. Ed. São Paulo: Cortez, 2005.

VARGAS, V.; METTERS, R. A master production scheduling procedure for stochastic demand and rolling planning horizons. *International Journal of Production Economics*, v. 132, n. 2, p. 296-302, 2011.

VOGEL, T.; ALMADA LOBO, B.; ALMEDER, C. Integrated versus hierarchical approach to aggregate production planning and master production scheduling. *OR SPECTRUM*, v. 39, Ed.1 p. 193-229, jan/2017.

XIE, J.; ZHAO, X.; LEE, T.S. Freezing the master production scheduling under single resource constraint and demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, v. 83, n. 1, p. 65-84, 2003.

WANG, L.C.; SHIH, H.L. An advanced overlapping production planning model in manufacturing supply chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 22, n. 7, p. 870-890, 2011.

WORLEY, J.M.; DOOLEN, T.L. Organizational structure, employee problem solving, and lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 6, n. 1, p. 39-58, 2015.

WORTMANN, J.C.; EUWE, M.J.; TAAL, M.; WIERS, V.C.S. A review of capacity planning techniques within standard software packages. *Production Planning and Control*, v. 7, n. 2, p. 117-128, 1996.

YU, Y.; CHEN, X.; ZHANG, F. Dynamic Capacity Management with General Upgrading. *Operations Reserach*, v. 25, p. 1372-1389, 2015.

ZHAO, X.; LAM, K. Lot-sizing rules and freezing the master production schedule in material requirements planning systems. *International Journal of Production Economics*, v. 53, n. 3, p. 281-305, 1997.