

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS**

**NÍVEL MESTRADO**

**JOÃO GABRIEL STAMM**

**PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO MESTRE  
DE PRODUÇÃO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

**São Leopoldo**

**2020**

JOÃO GABRIEL STAMM

**PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO  
MESTRE DE PRODUÇÃO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

Qualificação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior

São Leopoldo

2020

S783p

Stamm, João Gabriel.

Proposição de um método para a elaboração do plano mestre de produção no contexto da indústria metalmeccânica / João Gabriel Stamm. – 2020.

188 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2020.

“Orientador: Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior”.

1. Plano Mestre de Produção (PMP). 2. Planejamento Hierárquico da Produção (PHP). 3. Planejamento, Programação, Controle da Produção e Materiais (PPCPM). 4. Capacidade X Demanda. 5. Design Science Research (DSR). I. Título.

CDU 658.5

A minha esposa, Francine, pelo apoio e paciência, durante todo o período do curso. Ao meu filho, João Guilherme, pequeno parceiro e luz da minha vida. Aos meu pais, João e Marli (in memorian), por me ensinar o valor da educação e caráter.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador, Professor Junico Antunes, pelas ricas discussões em sala de aula e fora dela, pelas contribuições na minha pesquisa e pelos ensinamentos que contribuíram para o desenvolvimento profissional.

Agradeço à minha esposa, Francine, pelo carinho, dedicação e compreensão, pelas horas que estive afastado, durante o curso.

Agradeço aos meus amigos, colegas de curso e empresa, Cristiano Diefenthaler e Mauricio Vieira, pela cooperação. Foram dezenas de viagens e boas conversas ao longo do curso.

Agradeço à empresa Bruning Tecnometal Ltda, por ter investido em meu desenvolvimento com a realização do mestrado e por ter aberto as portas para as discussões e condução da pesquisa.

Agradeço ao amigo Ariel Possebon, por estar sempre disponível para discussões e por ter contribuído com valiosas sugestões.

Por fim, agradeço aos professores, colegas, amigos e familiares, de maneira geral, que fizeram parte da minha formação.

## RESUMO

A competitividade do mercado traz o desafio do uso adequado de recursos. Adicionalmente, tem-se uma indústria automotiva com aumento no número de modelos a produzir e lotes cada vez menores, com projetos com tempo de duração cada vez mais curtos. Sendo assim, é necessário que os métodos de planejamento, programação e controle da produção estejam em constante melhoria, buscando melhores resultados. O objetivo deste trabalho é a proposição de um método para elaboração do plano mestre de produção, em ambientes com elevada variedade de produtos, com um passo a passo lógico, desde os dados de entrada, passando pela análise das capacidades e demandas e definições das quantidades do plano mestre de produção, até a programação da produção e definição dos parâmetros de produção. Esse método facilita os processos de tomada de decisão, referentes ao planejamento fabril e tem o intuito de auxiliar na estabilização da fábrica. Ainda, tem por objetivo uma abordagem conceitual para análises de capacidade e demanda e a divisão dos itens fornecidos em famílias de produtos, com tratativas distintas, para necessidades diferentes, mesmo que em uma mesma empresa. A fundamentação teórica está baseada essencialmente na revisão do planejamento hierárquico da produção, avaliando os níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional) e a ligação das decisões nesses níveis; e o plano mestre de produção, avaliando os períodos de congelamento e seus impactos em níveis de inventário e serviço. Percebe-se a lacuna na literatura, em relação à trabalhos já existentes, considerando as restrições de capacidade e variações de demanda existentes em ambientes reais. O método de pesquisa utilizado é a Design Science Research, com o processo de desenvolvimento do artefato proposto. Após a elaboração do artefato, o mesmo é avaliado de duas formas: aplicação em ambiente real, em uma empresa do setor metalmeccânico e a avaliação de especialistas, com a realização de um Grupo Focal. Após estas avaliações, geram-se novas análises e novas versões do artefato. Por fim, apresenta-se a versão final do artefato, com dois ciclos (ciclo de atualização e ciclo de revisão), testado em ambiente real, com etapas e passos

definidos para a análise das capacidades (e possíveis definições dos gargalos), divisões dos itens em famílias de produtos, revisão dos parâmetros de produção, avaliação de indicadores definidos e responsáveis por cada etapa, buscando facilitar o processo decisório de planejamento de fábrica.

**Palavras-chave:** Plano Mestre de Produção (PMP). Planejamento Hierárquico da Produção (PHP). Planejamento, Programação, Controle da Produção e Materiais (PPCPM). Capacidade X Demanda. *Design Science Research (DSR)*.

## ABSTRACT

The competitiveness of the market poses the challenge of using resources properly. Additionally, the automotive industry has increasing the number of models to be produced, with smaller batches and shorter project lives. Therefore, it is necessary the production planning, scheduling and control methods are constantly improving, looking for better results. The objective of this thesis is to propose a method for creating a master production scheduling, in environments with a wide variety of products, with a logical step by step process, since the input data, going through capacity and demand analysis and the definition of the quantities of the master production scheduling, up to the production schedule and the definition of the production parameters. This method helps the decision making process, regarding the factory planning and aims to stabilize the production. Also, it aims to develop a conceptual approach for capacity and demand analysis and grouping the part numbers in product families, with distinct approaches, for different needs, even in the same company. The theoretical foundation is based essentially on the review of the hierarchical production planning, evaluating the planning levels (strategic, tactical and operational) and the connection of the decisions at these levels; and the master production schedule, evaluating the freezing horizon and the impacts on inventory and service levels. The gap in the literature, about these terms, is perceived, considering the capacity restrictions and demand variations existing in real environments. The research method used is Design Science Research, with the develop process of the artefact proposed. After the elaboration of the artefact, it is evaluated in two ways: the application in a real environment, in a company of the metallurgical sector and the evaluation of specialists, with a Focus Group process. After these evaluations, new analyzes and new versions of the artefact were generated. Finally, the final version of the artefact is presented, with two cycles (updating cycle and revision cycle), tested in a real environment, with defined steps for the capacity analysis (and the possibility to define the bottlenecks), the grouping of the part numbers in product families, the review of the production parameters, the



evaluation of defined indicators, and the responsible professionals for each stage, assisting the factory planning decision process.

**Keywords:** *Master Production Schedule (MPS). Hierarchical Production Planning (HPP). Planning, Scheduling, Production Control and Materials. Capacity X Demand. Design Science Research (DSR).*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Montadoras Produtoras de Autoveículos no Brasil.....	30
Figura 2. Hierarquia do Planejamento e Controle da Produção.....	33
Figura 3. Horizontes de Planejamento.....	35
Figura 4. Relação entre Planejamento e Controle.....	36
Figura 5. Modelo de PHP.....	37
Figura 6. Sugestão de Mudança de Transporte do Material.....	47
Figura 7. Cálculo da Demanda .....	55
Figura 8. Cálculo da Capacidade .....	56
Figura 9. Relação entre Tempo e Índices de Rendimento.....	60
Figura 10. Aplicação da Tecnologia de Grupo.....	68
Figura 11. Esquema do MRP.....	72
Figura 12. Hierarquia do MRP.....	78
Figura 13. Etapas da DSR.....	86
Figura 14. Método de Trabalho.....	87
Figura 15. Método para Elaboração do PMP.....	94
Figura 16. Análise de uma Programação Diária do Setor Automotivo.....	96
Figura 17. Ciclo de Atualização do PMP.....	100
Figura 18. Exemplo de PMP.....	102
Figura 19. Exemplo de Indicador de Previsto X Realizado no PMP.....	108
Figura 20. Exemplo de Indicador de Faturamento.....	109
Figura 21. Ciclo de Revisão do PMP.....	109
Figura 22. Análise de Processos Produtivos na Tecnologia de Grupo.....	111
Figura 23. Exemplo de Nivelamento Diário na Programação.....	119
Figura 24. Vista Aérea da Bruning Tecnometal Ltda.....	121
Figura 25. Faturamento Previsto por Segmento em 2020.....	123
Figura 26. Linha de Produção da Estamparia e Célula de Solda da Empresa.....	124
Figura 27. Células de Soldagem da Fábrica 2.....	124
Figura 28. Exemplo de Itens Produzidos do Segmento Automotivo.....	126
Figura 29. Mapa de Parada dos Clientes.....	127
Figura 30. Metas de Estoque da Empresa em 2019 e 2020.....	128
Figura 31. PMP de um dos Itens da Família Estudada.....	131
Figura 32. Avaliação de Capacidade e Demanda.....	134
Figura 33. Aderência ao Plano Mestre de Produção.....	136
Figura 34. Exemplo de Medição do Atraso Diário.....	137

Figura 35. Indicadores Diários de Estoques da Empresa.....	138
Figura 36. Indicador Mensal de Estoques da Empresa.....	138
Figura 37. Indicador de Faturamento Anual.....	139
Figura 38. Representação do Estudo da Formação de <i>Clusters</i> por Centros de Trabalho.	142
Figura 39. Divisão de Linhas e Produtos para estudo da Formação de <i>Clusters</i> por Linhas de Produção. ....	143
Figura 40. Representação do Estudo da Formação de <i>Clusters</i> por Linhas de Produção..	144
Figura 41. Método M1 Revisado após Instanciação na Empresa.....	156
Figura 42. Método M2 Revisado após Grupo Focal. ....	166

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo da Revisão Sistemática da Literatura .....	22
Quadro 2. Principais Publicações na Revisão Sistemática da Literatura (RSL).....	24
Quadro 3. Estimativa da Frota de Veículos no Brasil .....	27
Quadro 4. Habitante por Veículo no Mundo. ....	28
Quadro 5. Produção de Veículos no Brasil. ....	29
Quadro 6. Princípios da Expansão da Capacidade.....	51
Quadro 7. Exemplo de PMP .....	63
Quadro 8. Orientações para a Aplicação da DSR .....	83
Quadro 9. Perfil dos Profissionais Participantes do Grupo Focal. ....	91
Quadro 10. Dados dos Componentes para a Revisão de Parâmetros de Produção. ....	114
Quadro 11. Definição de Parâmetros dos Componentes no Ciclo de Revisão do PMP. ....	117
Quadro 12. Relatório de Saldos e Demandas de Componentes. ....	120
Quadro 13. Informações da Bruning Tecnometal Ltda. ....	122
Quadro 14. Dados dos Componentes para o Planejamento Peça a Peça. ....	147
Quadro 15. Dimensionamento dos Lotes para o Planejamento Peça a Peça. ....	150
Quadro 16. Modelo de Nivelamento Diário para Componentes Automotivos. ....	153
Quadro 17. Relatório de Saldos e Demandas de Componentes Automotivos.....	154
Quadro 18. Responsabilidades e saídas em cada etapa do método.....	165

## LISTA DE SIGLAS

ATP	<i>Available to Promise</i>
BOM	<i>Bill of Material</i>
BRP	<i>Business Resources Planning</i>
CCR	<i>Capacity Constraint Resource</i> (Recurso com Capacidade Restritiva)
CT	Centro de Trabalho
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
GPT	Gestão do Posto de Trabalho
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
MFP	Mecanismo da Função Produção
MPS	<i>Master Production Schedule</i>
MPT	Manutenção Produtiva Total
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
MTO	<i>Make to order</i>
MTS	<i>Make to stock</i>
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
PHP	Planejamento Hierárquico da Produção
PMP	Plano Mestre de Produção
PPCP	Planejamento, Programação e Controle da Produção
PPCPM	Planejamento, Programação, Controle da Produção e Materiais
PPP	Planejamento do Prazo de Produção
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i>
TG	Tecnologia de Grupo
TEEP	<i>Total Effective Equipment Productivity</i>
TRF	Troca Rápida de Ferramentas
WIP	<i>Work in Process</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	17
1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	20
<b>1.2.1 Justificativa acadêmica</b> .....	<b>20</b>
<b>1.1.2 Justificativa empresarial</b> .....	<b>26</b>
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	30
<b>1.3.1 Objetivo geral</b> .....	<b>31</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>31</b>
1.4 DELIMITAÇÕES.....	31
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>34</b>
2.1 PLANEJAMENTO HIERÁRQUICO DA PRODUÇÃO (PHP).....	34
<b>2.1.1 O Planejamento da Capacidade no PHP</b> .....	<b>38</b>
<b>2.1.2 O Planejamento Agregado no PHP</b> .....	<b>39</b>
<b>2.1.3 O Gerenciamento da Demanda no PHP</b> .....	<b>40</b>
<b>2.1.4 Programação e Sequenciamento no PHP</b> .....	<b>41</b>
<b>2.1.5 Controles de Fábrica no PHP</b> .....	<b>41</b>
2.2 MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO (MFP).....	41
<b>2.2.1 A Função Processo</b> .....	<b>43</b>
<b>2.2.2 A Função Operação</b> .....	<b>44</b>
<b>2.2.3 A Função Processo e a Função Operação: Qual é a prioridade?</b> .....	<b>46</b>
<b>2.3 CAPACIDADE X DEMANDA</b> .....	<b>48</b>
<b>2.3.1 Expansão de Capacidade</b> .....	<b>50</b>
<b>2.3.2 Modelo de Análise de Capacidade e Demanda</b> .....	<b>52</b>
2.3.2.1 Recursos Gargalo e CCRs.....	52
<b>2.3.3 Cálculo da Demanda e da Capacidade</b> .....	<b>55</b>
2.4 ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG).....	56
<b>2.4.1 Índice de disponibilidade <math>\mu_1</math></b> .....	<b>59</b>
<b>2.4.2 Índice de disponibilidade <math>\mu_2</math></b> .....	<b>59</b>
<b>2.4.3 Índice de disponibilidade <math>\mu_3</math></b> .....	<b>60</b>
2.5 PLANO MESTRE DA PRODUÇÃO (PMP).....	61
<b>2.5.1 A Aplicação do <i>Heijunka</i> como Nivelador da Produção</b> .....	<b>64</b>
2.6 TECNOLOGIA DE GRUPO.....	66

<b>2.6.1 Formação de Famílias de Produtos Utilizando a Tecnologia de Grupo ....</b>	<b>69</b>
<b>2.7 MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP) .....</b>	<b>71</b>
<b>2.7.1 Entradas do MRP.....</b>	<b>72</b>
<b>2.7.2 Saídas do MRP .....</b>	<b>73</b>
<b>2.7.3 O Estoque de Segurança .....</b>	<b>74</b>
<b>2.7.4 As Dificuldades do MRP .....</b>	<b>75</b>
<b>2.7.5 MRP II e o Plano Mestre de Produção (PMP) .....</b>	<b>77</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>80</b>
<b>3.1 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>81</b>
<b>3.2 TÉCNICA DE PESQUISA - GRUPO FOCAL .....</b>	<b>83</b>
<b>3.3 MÉTODO DE TRABALHO .....</b>	<b>85</b>
<b>4 MÉTODO PARA ELABORAÇÃO DO PMP .....</b>	<b>93</b>
<b>4.1 PROPOSIÇÃO DO MÉTODO INICIAL – M0.....</b>	<b>93</b>
<b>4.2 Descrição dos passos lógicos do método proposto .....</b>	<b>94</b>
<b>4.2.1 Previsão de Vendas.....</b>	<b>95</b>
<b>4.2.2 S&amp;OP e Políticas .....</b>	<b>97</b>
<b>4.2.3 Excelência Operacional .....</b>	<b>98</b>
<b>4.2.4 Ciclo de atualização .....</b>	<b>99</b>
<b>4.2.4.1 Planejar as quantidades no PMP .....</b>	<b>101</b>
<b>4.2.4.2 Capacidade X Demanda.....</b>	<b>104</b>
<b>4.2.4.3 Confirmação do Plano .....</b>	<b>106</b>
<b>4.2.4.4 Análise Crítica dos Indicadores .....</b>	<b>107</b>
<b>4.2.5 Ciclo de Revisão.....</b>	<b>109</b>
<b>4.2.5.1 Revisão das famílias de produtos.....</b>	<b>110</b>
<b>4.2.5.2 Revisão dos Parâmetros de Produção .....</b>	<b>112</b>
<b>4.2.5.2.1 Preparação dos Dados para Revisão de Parâmetros .....</b>	<b>113</b>
<b>4.2.5.2.2 Definição dos parâmetros peça a peça .....</b>	<b>114</b>
<b>4.2.6 Programação e Nivelamento Diário .....</b>	<b>118</b>
<b>5 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO PARA ELABORAÇÃO DO PMP .....</b>	<b>121</b>
<b>5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA APLICAÇÃO.....</b>	<b>121</b>
<b>5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO.....</b>	<b>125</b>
<b>5.2.1 Definição do Escopo de Aplicação do Método na Empresa.....</b>	<b>125</b>
<b>5.2.2 S&amp;OP e Políticas .....</b>	<b>126</b>

<b>5.2.3 Ciclo de Atualização.....</b>	<b>129</b>
<b>5.2.3.1 Planejamento das quantidades no PMP.....</b>	<b>130</b>
<b>5.2.3.2 Capacidade X Demanda.....</b>	<b>132</b>
<b>5.2.3.3 Confirmação do Plano .....</b>	<b>134</b>
<b>5.2.3.3 Análise Crítica dos indicadores .....</b>	<b>135</b>
<b>5.2.4 Ciclo de Revisão.....</b>	<b>140</b>
<b>5.2.4.1 Revisão das Famílias dos Produtos .....</b>	<b>140</b>
<b>5.2.4.2 Revisão dos Parâmetros de Produção .....</b>	<b>145</b>
<b>5.2.5 Nivelamento Diário .....</b>	<b>151</b>
<b>5.3 MELHORIAS IDENTIFICADAS E APRESENTAÇÃO DO MÉTODO M1 .....</b>	<b>155</b>
<b>6 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO PELO GRUPO FOCAL .....</b>	<b>158</b>
<b>6.1 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DO ARTEFATO PELO GRUPO FOCAL .....</b>	<b>158</b>
<b>6.2 APRESENTAÇÃO DO ARTEFATO FINAL NA VERSÃO M2.....</b>	<b>166</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>168</b>
<b>7.1 CONCLUSÕES .....</b>	<b>168</b>
<b>7.2 LIMITAÇÕES.....</b>	<b>172</b>
<b>7.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>173</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>175</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A competição acirrada em que se encontram as organizações faz com que a busca por melhores processos e formas eficientes de atendimento aos seus clientes sejam fatores determinantes para o sucesso empresarial. As organizações condicionam-se à permanente preocupação com a falta de materiais e o não-atendimento dos clientes, além de altos estoques e capacidade ociosa. O planejamento da produção tem por objetivo atender a estas necessidades, visando à demanda do cliente, com a disponibilidade de produtos no momento certo.

O sistema de produção das empresas pode ser entendido como uma “arma competitiva” (SKINNER, 1974). É apenas por meio de suas operações produtivas que as empresas podem atingir seus objetivos diante da concorrência. Assim, as estratégias de produção construídas e adotadas têm o papel de potencializar o desenvolvimento de competências no sistema produtivo para atender melhor às exigências competitivas do mercado.

Segundo Feng et. al (2011), o Planejamento, Programação e Controle da Produção e de Materiais (PPCPM) é importante para os sistemas de produção, pois a transformação das matérias-primas em produtos finais envolvem custos com materiais, energia, mão-de-obra, manutenção, máquinas, equipamentos, entre outros. A chave para a competitividade está no uso adequado destes recursos. Para tal, é necessário que os métodos de planejamento, programação e controle da produção e dos materiais estejam em constante melhoria. Sem uma demanda de produção estável, os recursos tendem a ser canalizados para reagir a mudanças na produção, em vez de alcançar melhorias no processo (HEE-CHONG TEO et al., 2010). Consonante com a competitividade, as empresas buscam rentabilidade em seus negócios. Para isso, precisam oferecer produtos de qualidade, custo e atendimento. Para fornecer essas características elas necessitam de um sistema de planejamento da produção eficiente, onde tais atividades levem a fabricação de produtos de acordo com as expectativas do mercado. Dependendo do ambiente que esta empresa se encontra, as funções de planejamento, programação e controle necessários podem ser diferentes (EBADIAN et. al, 2009)

As empresas que optarem por tornar a produção uma vantagem competitiva, devem direcionar esforços em decisões eficazes na gestão de capacidade e

demanda. A identificação dos recursos restritivos permite, por exemplo, à organização avaliar o resultado econômico-financeiro resultante de um investimento em aumento de capacidade, aumento de turnos de trabalho, contratação de mão-de-obra, terceirização, alocação de produtos atuais em outras linhas de produção ou da decisão da não produção de demanda extras solicitadas. Slack (2002) destaca que somente uma função de manufatura saudável permite cumprir as metas e objetivos estratégicos definidos pela organização. Sendo assim, a adequada utilização dos ativos fixos das empresas, componentes importantes da função de manufatura, deve ser priorizada. Vitzthum e Herrmann (2017) mencionam que o planejamento da produção, em uma empresa típica de manufatura, é uma sequência de decisões complexas que dependem de um número de fatores, tais como número de produtos, complexidade dos produtos, número de plantas e número de centros de trabalho em cada planta.

Hayes et. al (2008), defendem que o objetivo de uma estratégia de produção é guiar uma organização de produção na montagem e alinhamento dos recursos que irão propiciar a implementação eficaz da estratégia competitiva da empresa. Skinner (1969), defende a associação das decisões da produção com a estratégia corporativa da organização, alavancando vantagens competitivas para a empresa. O autor pondera que, para cada negócio, a melhor maneira de alavancar vantagens pela produção é única e deve considerar características específicas do negócio, como suas forças e fraquezas, seu próprio padrão de sucesso ou insucesso e, suas características de produção. Dauzere-Pérés e Lassere (2002) citam que as decisões tomadas no nível de planejamento geralmente são inconsistentes com as decisões de programação. Na prática, as decisões de planejamento e programação ainda são frequentemente tomadas de forma independente. Portanto, acredita-se que os modelos de planejamento devem incorporar considerações sobre como a programação é realizada no chão de fábrica, em vez de assumir que o planejamento e a programação podem ser feitos simultaneamente no mesmo nível de decisão.

Este trabalho visa a avançar no estudo de sistemáticas de passos estruturados para a definição das estratégias de produção mais adequadas para cada família de produtos, com níveis hierárquicos definidos para tomada de decisões e com ferramentas de controle que auxiliem no gerenciamento e alterações destes planos.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A empresa escolhida para este estudo é uma indústria do setor metalmeccânico, com atuação em quatro segmentos distintos: automotivo, rodoviário, agrícola e máquinas de construção, tendo como principais clientes as montadoras, com mais de 98,5% de suas vendas destinadas ao mercado nacional. Estes quatro segmentos possuem características distintas, em relação ao volume de produção, materiais utilizados, dimensional e processo produtivo das peças, requisitos específicos dos clientes (pontualidade, qualidade, normas, contratos) entre outros. Mesmo com características distintas, existe uma conjuntura e tentativa de uso das mesmas estratégias de produção para atendimento de todos os segmentos. O número de conjuntos e componentes, considerando estes quatro segmentos, é elevado. Ainda, os itens de produção (atendimento das linhas de montagem dos clientes) e itens de reposição utilizam os mesmos processos, máquinas e fluxos produtivos.

Em termos gerais, o problema estudado aqui tem caráter prático, pois será avaliado na indústria citada acima, com a análise dos resultados obtidos no uso do método proposto. Dresch (2018) cita que há uma necessidade de desenvolver pesquisas relevantes do ponto de vista das organizações, mas mantendo o rigor indispensável a qualquer pesquisa científica. Assim, um primeiro argumento reside na necessidade de que as pesquisas desenvolvidas no âmbito da engenharia de produção e da gestão de operações que se mostrem relevantes e rigorosas podem contribuir não apenas para o avanço do conhecimento teórico, mas, também, prático (DRESCH, 2018).

Uma maior variedade de produtos, tempos de atravessamento curtos e altas expectativas dos clientes em relação à qualidade do produto e ao prazo de entrega levam à exigência de um sistema eficiente de planejamento e controle da produção (TYAGI et al., 2013). Então, ressalta-se a importância da discussão em relação a estruturação de métodos, ferramentas e procedimentos/processos de tomadas de decisão em relação ao ambiente produtivo e fabril, para que se obtenha o máximo de retorno em relação ao uso de recursos e, ainda, que este resultado esteja

atrelado ao atendimento aos clientes. O Planejamento Hierárquico da Produção (PHP) engloba este processo de tomada de decisões. Hax e Meal (1975) introduziram o conceito de planejamento hierárquico da produção em 1975. O método consiste basicamente no reconhecimento das diferenças entre as decisões no plano tático (plano agregado) e operacional (processo de desagregação). Basicamente, neste e no processo proposto por Bitran et al. (1981), o problema de planejamento da produção é dividido em subproblemas, conforme nível hierárquico de decisão. Venkateswaran e Son (2005) citam que tipicamente, o PHP contém dois níveis: planejamento e programação, contendo etapas de análise da demanda, capacidade sequenciamento. Normalmente, as saídas são o agrupamento dos itens em famílias de produtos, com características similares. Ozmadar et al. (1996) citam que os sistemas do PHP são desenvolvidos para estabelecer uma estrutura de tomada de decisões, em diferentes níveis, entretanto, inviabilidades surgem quando algumas restrições são colocadas nos níveis mais baixos de decisão, como na programação. Para os autores, basicamente, o PHP desdobra o nível do plano agregado de produção, passando pelas definições de famílias de produtos e, por fim, a programação dos componentes. E é nesta fase final de desagregação em itens finais que surgem as restrições, como problemas de capacidade. Autores como Hax e Meal (1975) e Lin e Moodie (1989) mostraram planos de desagregação basicamente voltados ao ambiente de produção estudada, mas não em caráter mais amplo, que possam trazer soluções concretas para estas restrições. Stockon e Quinn (1995) avaliam que, para os métodos já existentes propostos, foi observado como sendo dependente da situação estudado, ou seja, adequado apenas para um limite de situações de planejamento. Então, modelos já apresentados podem apresentar problemas para planejadores de produção, pois não são diretamente transferíveis para outras situações.

Além destes pontos mencionados sobre a estrutura do PHP, vale destacar as características relativas à geração do Plano Mestre de Produção (PMP), um dos passos do PHP, que será apresentado, detalhadamente, no Capítulo 2 deste trabalho. O PMP conduz o sistema de planejamento de requisitos de material e fornece o elo importante entre as previsões de atividades de entrada de pedidos e o planejamento de produção, de um lado e o planejamento detalhado e programação de componentes e matérias-primas, no outro lado. Ajustes frequentes no PMP

podem induzir grandes mudanças no sequenciamento. Essas mudanças podem levar a aumentos nos custos de produção e estoque e deterioração do nível de serviço ao cliente (XIE, et al., 2003). Para Jonsson e Ivert (2015), os estudos indicam vários problemas envolvidos no uso de métodos sofisticados nos processos de planejamento e elaboração do PMP, incluindo dificuldades na compreensão da produção, falta de motivação do pessoal para atualizar dados e pequenas alterações no chão de fábrica que resultam em grandes mudanças na programação. O problema do PMP é difícil de resolver (em relação à estabilidade da fábrica) não apenas devido ao alto número de decisões e variáveis envolvidas, mas também devido ao múltiplo e frequente conflito de objetivos que são relevantes no planejamento da produção (VENKATARAMAN e SMITH, 1996). Omar e Bennell (2009) citam que, em resumo, embora diversos pesquisadores tenham abordado questões sobre a estabilidade do PMP e seus impactos na disponibilidade do produto, eles geralmente assumem uma única situação de produção, sem restrições de capacidade. Em um ambiente industrial real, um PMP é projetado para incorporar um grande número de componentes, o que adiciona significativa complexidade ao plano. Lin et al (1994) estudaram o efeito da frequência de replanejamento do PMP e o período congelado, citando que a pesquisa sobre o desenvolvimento de sistemas PMP eficazes ainda está engatinhando e que modelos como o usado no estudo, na melhor das hipóteses, identificam questões que devem ser exploradas em ambientes mais realistas. Apontam ainda para pesquisas futuras, sugerindo a abordagem do ambiente limitador no qual o modelo PMP se baseia. Por exemplo, modelos que incluem itens finais, padrões de demanda sazonais e que reconhecem restrições críticas de capacidade seriam úteis, para melhorar o processo de tomada de decisão. Ou seja, a elaboração de métodos para sequenciamento das decisões e planejamento da produção, com a implantação do PHP e do PMP ainda possuem um espaço amplo de estudo, considerando as dificuldades no sistema produtivo, com variáveis envolvidas como problemas de qualidade, quebra de máquinas, mudanças de demanda (*forecast* e pedidos firmes), variação de mão de obra disponível, entrada de novos produtos, entre outros. De maneira ampla, Lee e Everett (1986) citam que a combinação de altos erros de previsão (*forecast*), uma má escolha de dimensionamento de lotes de produção (famílias e parâmetros) e uma estrutura de MRP (*Manufacturing Resource Planning*) ruim (ou ambiente ruim,

como má escolha entre MTS/MTO ou controles deficitários) podem facilmente resultar em custos devastadores para uma empresa.

Desta forma, avalia-se então quais são as vantagens que um método pode trazer a estas empresas, com a segmentação dos produtos de acordo com sua variação de demanda, processo e fluxo produtivo, volumes de produção, entre outros, além de realizar as funções de planejamento, programação e controle da produção. Assim sendo, a questão principal desta pesquisa pode ser descrita: como um método para a construção do Plano Mestre de Produção, em empresas fornecedoras do ramo metalmeccânico, em um cenário de elevada variedade de produtos, contribui no planejamento da produção?

## 1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A seguir são apresentadas a justificativa acadêmica e empresarial que sustentam a presente pesquisa.

### 1.2.1 Justificativa acadêmica

A proposta de elaboração de um método para o PMP tem relevância no contexto da gestão de operações. Possebon (2013), cita que uma parte considerável do desdobramento da estratégia até os níveis operacionais na área de operações é realizado a partir do processo de PPCPM. Contudo, processos ineficazes não contribuem para o atingimento de estratégias estabelecidas e em alguns casos, dificulta bastante a sua operacionalização.

Porter (1999), aponta que o objetivo de uma empresa deve ser o de gerar um desempenho superior às empresas rivais. Assim, uma dada empresa poderá destacar-se em relação às outras e conquistar a liderança em um segmento ou setor. Para tanto, a empresa deve desenvolver diferenciais competitivos relacionados com as diferentes dimensões competitivas. A discussão no meio acadêmico, da proposição de um método para a elaboração do Plano Mestre de Produção (PMP), vem ao encontro do desenvolvimento do tema na área de PPCPM e do desenvolvimento de vantagens competitivas.

A segmentação da produção, ainda, com a divisão dos produtos em famílias específicas, para planejamento e programação da produção, é um dos temas discutidos neste trabalho. Skinner (1969), estabelece, de forma inicial, os seguintes aspectos sobre o tema: a) a necessidade de estreitar as relações entre as operações produtivas e a estratégia corporativa; b) a existência de *trade-offs* entre elementos do projeto de sistema de produção; e c) a necessidade de uma nova forma de se observar os sistemas de produção, o qual considere questões além da tecnologia intrínseca em si. Skinner (1974) destaca, também, que uma fábrica que foca seu objetivo num menor *mix* de produtos para um nicho de mercado particular deve exceder o desempenho de uma fábrica convencional, que, por sua vez, atenta para uma “vasta missão”.

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi realizada com foco em dois temas: PHP e PMP, no sentido de buscar os trabalhos já desenvolvidos neste campo e similaridades em relação ao objetivo proposto. O aprofundamento da pesquisa no PHP busca informações sobre a sequência de passos dos métodos já criados e/ou testados e a construção da hierarquia para tomada de decisões, enquanto o aprofundamento da pesquisa no PMP busca o detalhamento de dados em cada trabalho publicado, além do processo de comunicação e retroalimentação para a fábrica em casos de desvios de processo ou problemas que impossibilitem o cumprimento do plano.

O Quadro 1 apresenta as bases investigadas, as palavras-chave utilizadas e os filtros utilizados:

Quadro 1. Resumo da Revisão Sistemática da Literatura

Fonte: Elaborado pelo autor

Fonte	Nacional Internacional	Termo de pesquisa	Filtros
Ebscohost	Internacional	<i>Master production schedule</i>	<i>Academic Search Complete; Business Source Complete; Legal Collection; Regional Business News; Library, Informartion Science &amp; Technology Abstracts with full text;;Academic Search Premier; ERIC; eBook Collection; eBook Academic Collection</i>
Ebscohost	Internacional	<i>Hierarchical production planning</i>	<i>Academic Search Complete; Business Source Complete; Legal Collection; Regional Business News; Library, Informartion Science &amp; Technology Abstracts with full text;;Academic Search Premier; ERIC; eBook Collection; eBook Academic Collection</i>
Scopus	Internacional	<i>Master production schedule</i>	Todas as categorias, com artigos em português e inglês.
Scopus	Internacional	<i>Hierarchical production planning</i>	Todas as categorias, com artigos em português e inglês.
Science direct	Internacional	<i>Master production schedule</i>	<i>Business, Management and Accounting; Earth and Planetary Sciences; Economics; Energy; Engineering; Environmental Science; Materials Science.</i>
Science direct	Internacional	<i>Hierarchical production planning</i>	<i>Business, Management and Accounting; Earth and Planetary Sciences; Economics; Energy; Engineering; Environmental Science; Materials Science.</i>
Google academics	Internacional	<i>Master production schedule</i>	Todas as categorias, com artigos em português e inglês.
Google academics	Internacional	<i>Hierarchical production planning</i>	Todas as categorias, com artigos em português e inglês.
Google academics	Nacional	Plano mestre de produção	Todas as categorias, com artigos em português e inglês.
Google academics	Nacional	Planejamento hierárquico da produção	Todas as categorias, com artigos em português e inglês.



Omar e Bennell (2009) citam que existem vários fatores que podem atrapalhar o plano de produção, incluindo falhas em máquinas, atrasos no tempo de processamento, pedidos urgentes, problemas de qualidade, material indisponível e adiões e cortes de pedidos. Portanto, o PMP frequentemente precisa ser atualizado para que o plano permaneça viável. Entretanto, ajustes frequentes no PMP induzem a significativas alterações no sistema MRP. Ainda, mencionam que a qualidade do PMP desenvolvido afetará diretamente a eficiência de produção na fábrica, o custo de estoque do sistema de produção e o nível de serviço dos clientes. Englberger et al. (2016) mencionam que a literatura existente sobre PMP usando modelos de programação analisa a qualidade da abordagem de modelagem, resolvendo o problema de otimização subjacente para determinadas instâncias. Os parâmetros são gerados aleatoriamente e/ou extraídos de aplicações práticas ou estudos de caso. De fato, para o gerenciamento da produção, isso é apenas uma otimização de nível no local. As interações entre decisões sucessivas de otimização em vários níveis de agregação geralmente são negligenciadas. Na conclusão deste artigo, os autores comentam que diversos ajustes nas restrições do sistema e correções de fatores foram aplicados para que a heurística de programação pudesse ser concluída. Pode-se observar, portanto, que as interações de diversos fatores nos sistemas de produção trazem altíssima variabilidade ao planejamento e programação da produção.

O Quadro 2 apresenta as principais publicações encontradas na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), relacionadas ao tema estudado:

Quadro 2. Principais Publicações na Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

Fonte: Elaborado pelo autor

Titulo	Autores	Periódico	Mês/ano	Comentários
Lot-sizing rules and freezing the master production schedule in material requirements planning systems under demand uncertainty	ZHAO, X.; GOODALE, J.C.; LEE, T.S.	International Journal of Production Research	Agosto 1995	Análise do impacto das regras de tamanho de lotes no custo total e a instabilidade e níveis de serviço no uso do MRP e períodos/parâmetros de congelamento do PMP. Estudo não considerou as restrições de capacidade.
Forecasting error evaluation in material requirements planning (MRP) production-inventory systems	LEE, T.S.; EVERETT, E	Management Science	Setembro 1986	Avaliação dos impactos gerados por erros de previsões de demanda no MRP, aliados à problemas de mau dimensionamento de lotes e estrutura do MRP deficitária (controles, níveis de administração, parâmetros de produção).
Freezing the master production schedule under rolling planning horizons	SRIDHARAN, V.; BERRY, W. L.; UDAYABHANU, V	Management Science	Setembro 1987	Estuda os efeitos no inventário e níveis de serviço com o congelamento total ou parcial do PMP. Avalia o método utilizado para o congelamento, a proporção de congelamento e o horizonte sugerido apropriado.
The impact of using multiple freeze fences on costs in MRP systems	YEUNG, J. H.Y.; MA, L.; LAW, J.S.	International Journal of Production Research	Setembro 2003	Análise do impacto do uso de janelas múltiplas para o congelamento do PMP. Verificação dos impactos em inventário, custos de setup, níveis de serviço, entre outros. Recomenda a avaliação dos diversos elementos que impactam o planejamento da produção e nervosismo do MRP, como estruturas de materiais e número de códigos, restrições de capacidade, regras de tamanho de lote e produtividade.
On the importance of sequencing decisions in production planning and scheduling.	DAUZÉRE-PÉRÉS, S.; LASSERE, J.B	International Transactions in Operational Research	Novembro 2002	Apresenta uma reflexão sobre a abordagem hierárquica tradicional do planejamento e programação da produção, enfatizando o fato de que as restrições de agendamento geralmente são ignoradas ou consideradas de uma maneira muito grosseira. Mostra as dificuldades da maneira como a programação é realizada, sendo crucial para as restrições de capacidade nos tamanhos dos lotes.
Hierarchical production planning and scheduling with random demand and production failure	MEYBODI, M.Z.; FOOTE, B.L.	Annals of Operations Research	Agosto 1995	Análise com uso de heurísticas de programação para testes dos resultados de um PHP de vários níveis, considerando decisões do plano agregado de produção, definições das famílias de produtos, análise de capacidade, tamanhos de lote e sequenciamento.
Revising the master production schedule in a HPP framework context	OMAR, M.K.; BENNELL, J.A	International Journal of Production Research	Outubro 2009	Investigação do efeitos no PMP em uma planta de produtos químicos, testando os efeitos da variação de demanda, período de replanejamento, custos de setup e custo do produto, com o uso de simulações e estatística.
Hierarchical production planning and scheduling in make-to-order environments: reaching short and reliable delivery dates	EBADIAN, M.; RABBANI, M.; TORABI, S.A.; JOLAI, F	International Journal of Production Research	Setembro 2009	Relata um PHP voltado para o ambiente MTO, com foco na estruturação de sistema e hierarquia para o aceite/rejeição dos pedidos e programação dos mesmos na fábrica, visto a preocupação dos autores em relação às variações ocasionadas pela entrada destes pedidos, neste ambiente de produção. Sugerem ainda a elaboração de um PHP híbrido combinando o ambiente MTO e MTS.

Zhao et al. (1995) analisaram os impactos no MRP com a mudança nas regras de tamanho de lotes e períodos de congelamento das ordens, sem considerar

restrições de capacidade ou qualquer outra intervenção na produção, em um ambiente teórico. Sridharan et al. (1986) avaliaram os impactos no estoque em decorrência de variações no período de congelamento das ordens de produção, além de sugerir horizontes adequados para a programação, não citando passos para este processo, alimentação e retroalimentação das capacidades, paradas e também não avaliando diferenças nas estratégias de produção para diferentes famílias de produtos. Yeung et al. (2003) também avaliaram diferentes períodos de congelamento do PMP, estudando impactos em custos de *setup*, estoques e pontualidade. Os autores recomendaram demais fatores que afetam a programação da produção como a estrutura de materiais, restrições de capacidade, regras de tamanho de lote e produtividade. Meybodi e Foote (1995) avaliaram algumas heurísticas de programação específicas, com maior intuito de validação da própria programação e lógica, ou seja, o funcionamento do processo sugerido. Ebadian et al. (2009) relatam um estudo no ambiente puramente MTO, buscando soluções na entrada dos pedidos, para redução da variação na entrada de ordens, justamente por estarem em um ambiente sem um estoque para absorver tais variações, recomendando estudos voltados para sistemas que atendam sistemas híbridos MTO e MTS. Demais autores como Tubino (2009), Slack et al (2009) e Xie et al (2003) mostram a influência do PMP nos custos e na instabilidade da programação, citando as quantidades a produzir, momentos de produzir e a utilização dos recursos disponíveis, porém sem citar a disponibilidade dos recursos como fator importante a considerar.

Desta forma, há ainda amplo espaço para o avanço da pesquisa em métodos que busquem atender a lacuna de existência de planos estruturados para elaboração do PMP e que considerem fatores intrínsecos à produção como variação de pedidos, restrições de capacidade e a necessidade de diferentes estratégias de produção para diferentes segmentos produtivos.

A seguir apresenta-se a justificativa empresarial para realização da pesquisa.

### 1.1.2 Justificativa empresarial

O desenvolvimento da indústria automotiva, em aspectos administrativos e gerenciais, contribui sistematicamente para o crescimento de um mercado competitivo cada vez mais exigente em qualidade, custo e serviço, tendo na agregação de valor aos produtos e serviços uma importância fundamental. A indústria automotiva destaca-se como impulsionadora de muitos métodos e técnicas de administração, gerenciamento logístico e no desenvolvimento em qualidade e capacidade de atendimento das demandas do mercado. Ainda, como fator adicional, destaca-se a variedade de modelos existentes no país e o crescimento da frota de veículos, que tornam o gerenciamento e planejamento da produção desafiador. Isso porque as características da economia têm exigido das empresas diversificação de produtos e segmentos de mercado para aumentar as suas escalas de produção. Essa variedade de produtos, com lotes cada vez menores, torna o planejamento da produção mais relevante e aumenta o desafio do uso dos ativos da fábrica.

Tsubone e Furuta (1996), citam que existe um *trade-off* entre alcançar um planejamento de produção estável e ser sensível para alterações em necessidades de mercado. Frequentes ajustes no plano de produção, ocasionados por estas alterações de demanda e previsões de venda, induzem a instabilidade e incerteza no plano de produção, causando custos adicionais de administração, *setups* urgentes e entregas emergenciais. Adversamente, fixar o plano de produção em um longo período pode aumentar o nível de inventário de produtos e componentes, mantendo o nível de serviço aos clientes. Ainda, a adoção de estratégias de produção diferentes para famílias de produtos distintos, torna a fábrica mais flexível, para atendimento aos diversos clientes, que também possuem suas particularidades, no que diz respeito às programações de entrega, padrões de níveis de estoque, entre outros. A significativa variação no número de produtos e componentes, aliados a uma variação de demanda frequente, torna mais complexa a tarefa de dimensionamento da capacidade fabril e do nivelamento da produção.

O Quadro 3 mostra a evolução da estimativa de veículos da frota brasileira de 2000 a 2017. Percebe-se que a frota mais que dobrou no período considerado.

## Quadro 3. Estimativa da Frota de Veículos no Brasil

Fonte: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – Anfavea (2018)

Unidades / Units

Ano Year	Automóveis Cars	Comerciais leves Light commercials	Caminhões Trucks	Ônibus Buses	Total Total
2000	15.531.100	2.461.564	1.141.563	195.043	19.329.269
2001	16.207.108	2.545.542	1.147.509	202.514	20.102.674
2002	16.880.806	2.603.833	1.147.220	209.805	20.841.663
2003	17.464.861	2.613.992	1.149.698	216.097	21.444.647
2004	18.140.137	2.649.970	1.170.933	223.620	22.184.659
2005	18.925.914	2.692.045	1.192.603	228.034	23.038.596
2006	19.892.111	2.743.974	1.212.530	235.768	24.084.384
2007	21.296.756	2.843.076	1.256.384	246.366	25.642.582
2008	22.917.140	3.007.421	1.325.137	260.296	27.509.994
2009	24.814.743	3.200.707	1.382.489	269.369	29.667.307
2010	26.887.692	3.498.639	1.440.289	283.774	32.110.394
2011	28.945.933	3.850.832	1.608.988	303.804	34.709.557
2012	31.122.622	4.193.857	1.696.818	317.395	37.330.692
2013	33.091.826	4.544.052	1.800.210	334.984	39.771.073
2014	34.676.232	4.878.936	1.885.487	346.679	41.787.334
2015	35.471.476	5.019.732	1.905.157	346.959	42.743.324
2016	35.757.773	5.090.814	1.902.564	341.068	43.092.219
2017	36.189.608	5.171.872	1.900.307	335.571	43.597.357

Destaca-se o aumento de 19,3 milhões para 43,6 milhões de unidades, no total. O Quadro 4 ilustra o número de habitantes por veículo ao longo dos anos. O Brasil, em 2015, apresentava um fator de 4,8 habitantes por veículo, ficando atrás de países como Estados Unidos, Japão, Rússia, Itália, México, Canadá, Austrália e Argentina.

## Quadro 4. Habitante por Veículo no Mundo.

Fonte: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – Anfavea (2018)

Pais/Country	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Estados Unidos/United States	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2
China/China	35,5	30,2	26,0	21,2	17,1	14,4	12,4	10,7	9,3	8,4
Japão/Japan	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6
Rússia/Russia	4,4	4,0	3,7	3,6	3,5	3,3	3,2	3,0	2,8	2,8
Alemanha/Germany	1,7	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
BRASIL/BRAZIL	7,8	7,2	6,9	6,5	5,9	5,5	5,2	5,1	4,9	4,8
Itália/Italy	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
França/France	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Reino Unido/United Kingdom	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7
México/Mexico	4,6	4,3	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4
Índia/India	100,9	90,1	82,2	75,1	68,6	62,0	55,8	51,5	48,8	45,4
Espanha/Spain	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Polónia/Poland	2,4	2,2	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6
Canadá/Canada	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5
Indonésia/Indonesia	21,3	18,1	16,9	16,4	15,3	14,7	13,8	13,0	12,0	11,5
Coreia do Sul/South Korea	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4
Austrália/Australia	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4
Tailândia/Thailand	7,5	7,2	6,9	6,6	6,3	5,9	5,3	4,9	4,6	4,4
Turquia/Turkey	7,6	7,2	6,9	6,7	6,4	6,1	5,8	5,6	5,4	5,1
Irã/Iran	9,3	9,0	8,7	8,4	8,1	7,3	6,6	6,1	5,9	5,6
Argentina/Argentina	5,5	5,2	4,8	4,6	4,1	3,8	3,7	3,4	3,2	3,2
Malásia/Malaysia	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3
África do Sul/South Africa	6,5	6,3	6,2	6,1	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8	5,7
Holanda/Netherlands	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8

O Quadro 5 mostra a produção de veículos no Brasil nos últimos anos.

Quadro 5. Produção de Veículos no Brasil.

Fonte: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – Anfavea (2018)

Ano Year	Automóveis Cars	Comerciais leves Light commercials	Caminhões Trucks	Ônibus Buses	Total Total
1990	604.499	177.749	48.219	12.962	843.429
1991	616.970	176.376	46.715	21.108	861.169
1992	667.716	183.741	30.960	22.621	905.038
1993	910.464	199.754	45.382	17.700	1.173.300
1994	1.027.152	218.793	60.019	15.727	1.321.691
1995	1.149.940	220.003	70.073	19.660	1.459.676
1996	1.320.105	239.290	48.022	15.718	1.623.135
1997	1.519.529	258.170	63.414	20.088	1.861.201
1998	1.137.219	209.087	63.264	20.290	1.429.860
1999	1.059.533	160.935	55.194	14.315	1.289.977
2000	1.298.437	214.994	71.114	21.303	1.605.848
2001	1.384.368	190.957	77.251	21.946	1.674.522
2002	1.376.219	167.767	68.354	21.450	1.633.790
2003	1.428.270	154.181	77.785	24.479	1.684.715
2004	1.777.642	216.735	104.792	25.008	2.124.177
2005	1.979.545	235.340	112.921	29.366	2.357.172
2006	2.027.305	243.666	103.297	29.412	2.403.680
2007	2.360.739	295.738	133.739	35.008	2.825.224
2008	2.498.482	350.188	163.757	38.202	3.050.629
2009	2.568.167	356.817	120.994	30.022	3.076.000
2010	2.682.924	468.747	189.933	40.531	3.382.135
2011	2.630.893	513.918	223.602	49.369	3.417.782
2012	2.763.445	469.480	133.403	36.635	3.402.963
2013	2.954.279	530.901	187.002	40.554	3.712.736
2014	2.502.122	471.170	139.965	32.937	3.146.194
2015	2.007.240	316.221	74.062	21.498	2.419.021
2016	1.798.894	298.703	60.482	18.705	2.176.784
2017	2.269.230	326.250	83.044	20.643	2.699.167

Percebe-se que, mesmo com a evolução no número de veículos produzidos, o Brasil voltou, em 2017, ao patamar de produção de 2007 e precisa de um crescimento de aproximadamente 26% para chegar ao topo já alcançado de produção, no ano de 2011. Aliado ao aumento do número de veículos da década de 90 para as décadas seguintes, tem-se ainda um aumento significativo no número de montadoras no país, conforme mostra a figura 1.

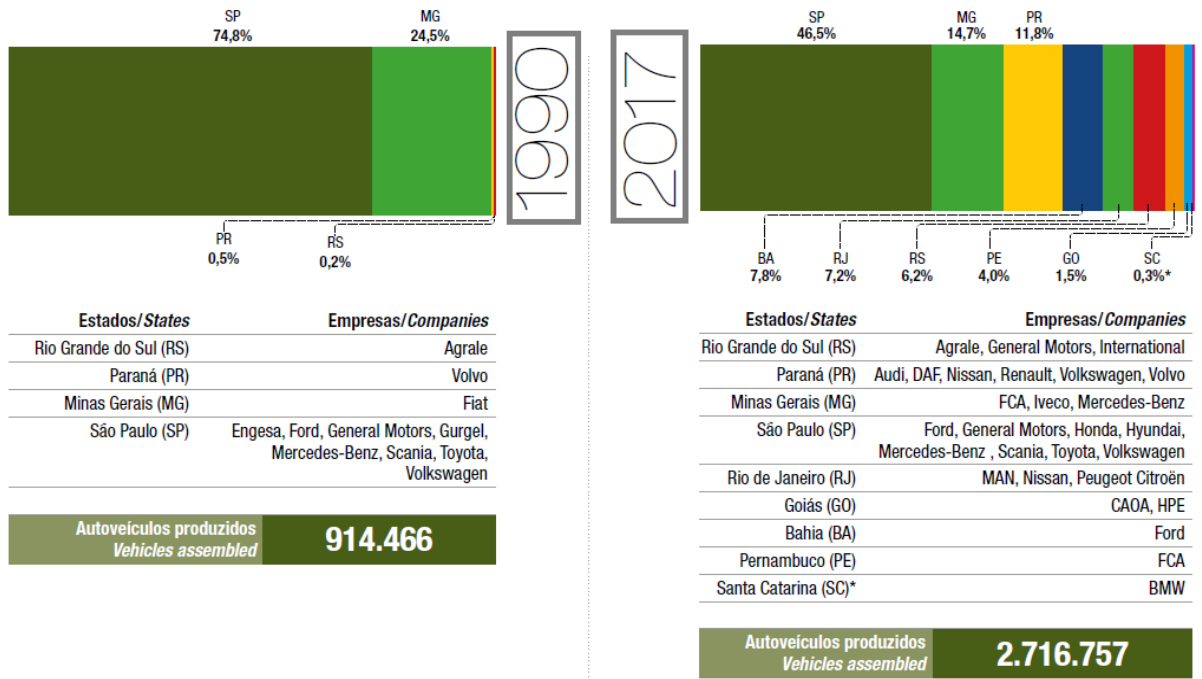


Figura 1. Montadoras Produtoras de Autoveículos no Brasil.

Fonte: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – Anfavea (2018)

Em 1990, existiam 11 empresas com a produção de 914.466 mil veículos. Em 2017, eram 28 empresas produzindo 2.716.757 veículos. Isso sem contar no número de modelos que cada empresa passou a produzir nos últimos anos, o que justifica uma profunda diversificação de peças produzidas pelos fornecedores. Estes novos modelos possuem um ciclo de vida cada vez mais curtos, com períodos de aproximadamente 07 anos de produção nas linhas de montagem. Esta diversificação ratifica a necessidade e importância do planejamento e programação da fábrica. Se realizado de uma única maneira, atendendo a diversos clientes de diversos segmentos, acaba-se por não atender as especificidades de cada segmento e dos clientes, além de prejudicar a fábrica no atendimento das demandas existentes e na perda de produtividade devido a estratégias de produção erroneamente definidas.

### 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

São os seguintes o objetivo geral e objetivos específicos de pesquisa:



### **1.3.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste na proposição de um método para a elaboração do Plano Mestre de Produção (PMP), para empresas da indústria metalmeccânica, em ambientes com elevada variedade de produtos.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

São os seguintes objetivos específicos deste trabalho:

- a) Realizar uma abordagem conceitual para o tratamento da análise de Capacidade X Demanda, como centro da construção do PMP;
- b) Dividir os componentes e produtos da empresa estudada em famílias de produtos, com a definição de estratégias de produção específicas para as mesmas;
- c) Definir um ciclo de revisão de parâmetros de produção, que auxiliem no planejamento da fábrica;
- d) Aplicação do método proposto em ambiente real.

## **1.4 DELIMITAÇÕES**

Não será abordada as relações associadas ao capital humano, mesmo que estas relações tenham influência nos processos produtivos. Ainda, não será considerada a margem de contribuição dos produtos. O trabalho tem foco no método de construção do PMP, sem buscar alternativas que tenham por objetivo a priorização de produtos com maior margem de contribuição.

O trabalho não tem o objetivo de discutir e analisar a programação da fábrica e a Gestão do Posto de Trabalho (GPT). O mesmo possui foco no planejamento da produção. A concepção geral que norteia a abordagem de GPT consiste em incrementar a utilização dos ativos (equipamentos, instalações e pessoal) nas Organizações, visando a otimização dos mesmos, aumentando a sua capacidade e a flexibilidade da produção, sem que seja necessária a realização de investimentos adicionais em termos de capital, conforme Klippel et al. (2003) e Antunes et al.

(2013). Antunes et al. (2008), citam as ações relacionadas à GPT, que não são discutidas neste trabalho:

- Gestão da produtividade (peças/hora);
- Gestão das eficiências dos equipamentos;
- Aplicação da metodologia 5S no posto de trabalho;
- Melhorias nas operações de setup das máquinas;
- Redução de refugos e retrabalhos;
- Redução nos tempos de processamento/tempos de ciclo;
- Ações voltadas à segurança do trabalho e ergonomia.

A Figura 2 mostra a zona de delimitação do trabalho, mostrando que as discussões e ações referentes à programação e controles de fábrica não serão abordadas.

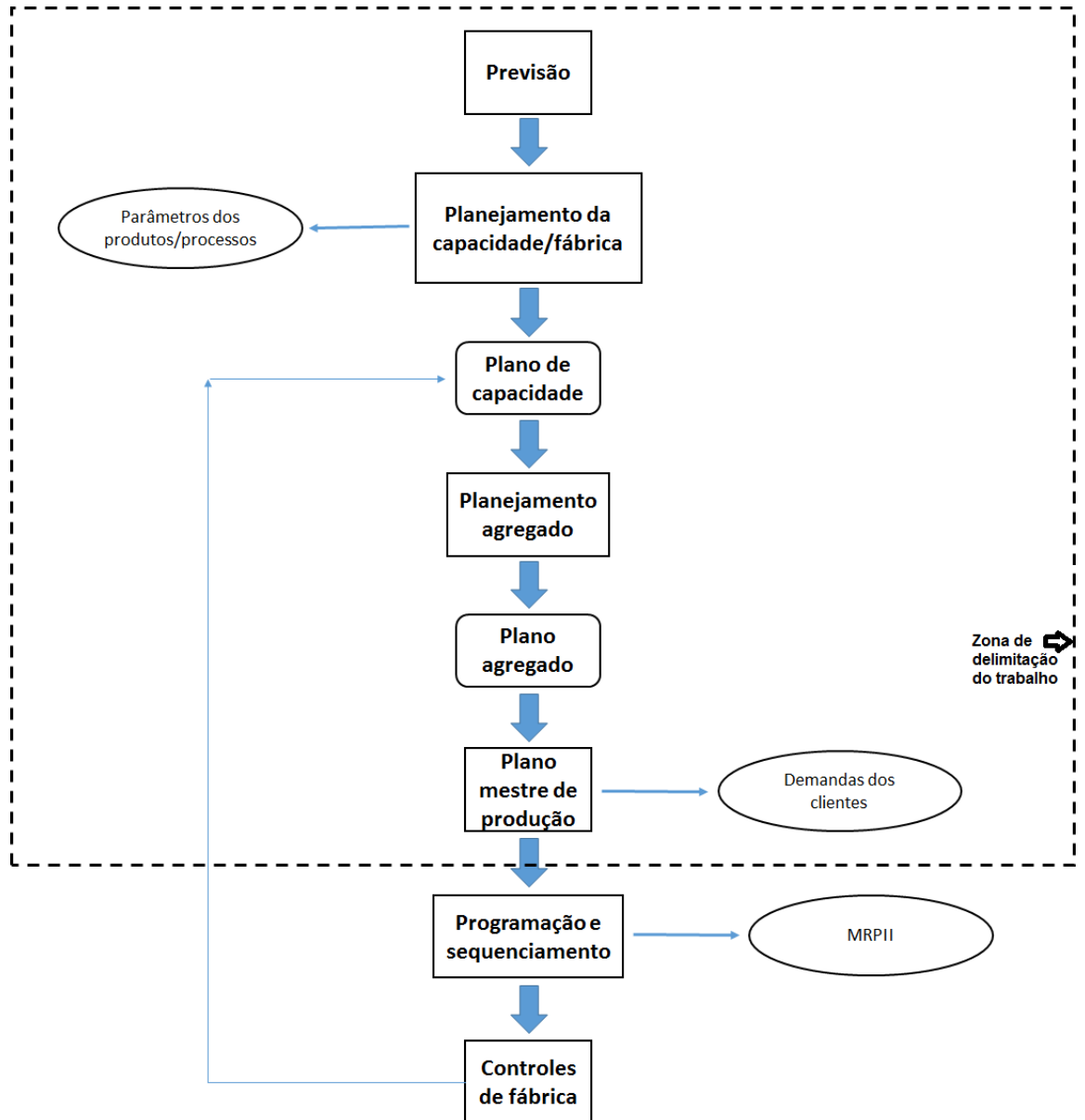


Figura 2. Hierarquia do Planejamento e Controle da Produção.

Fonte: Adaptado de Spearman e Hopp (2013)

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sistema produtivo entende-se pela transformação de matérias-primas (entrada) em produtos acabados e/ou serviços (saídas) gerando valor aos clientes (Tubino, 2009). Uma fábrica de peças ou um banco, por exemplo, possuem entradas, saídas e recursos, porém com operações totalmente distintas. Para este funcionamento, é necessário que as entradas e saídas ocorram conforme prazos e critérios de qualidade estabelecidos, com um fluxo definido para que esta operação tenha o melhor resultado. Slack et al. (2009), cita que o PPCPM tem por objetivo fornecer bens e/ou serviços que satisfaçam as necessidades dos clientes através da programação de recursos de produção de maneira eficaz.

Tubino (2009) ainda conceitua as funções do PPCPM segmentadas em cada nível hierárquico de decisão da administração da produção, em nível estratégico (longo prazo), tático (médio prazo) e operacional (curto prazo), os quais serão detalhados no capítulo seguinte, que descreve o PHP. Em resumo, o PPCPM determina o que produzir, quando produzir e que recursos utilizar (Correa et al. 2000).

### 2.1 PLANEJAMENTO HIERÁRQUICO DA PRODUÇÃO (PHP)

O planejamento da produção deve ser feito obedecendo a uma hierarquia. Não faz sentido tentar usar um modelo preciso e detalhado para tomar decisões de longo prazo com base em dados imprecisos. Em geral, quanto mais curto o horizonte do planejamento, maiores os detalhes necessários. Por esta razão, é útil separar os pontos de longo prazo (estratégico), médio prazo (tático) e curto prazo (controles de fábrica). Estes níveis trabalham em um nível de subordinação, ou seja, uma decisão de médio prazo estará subordinada a uma de longo prazo. Correa et al. (2000), destacam os impactos das decisões em cada horizonte, conforme Figura 3.

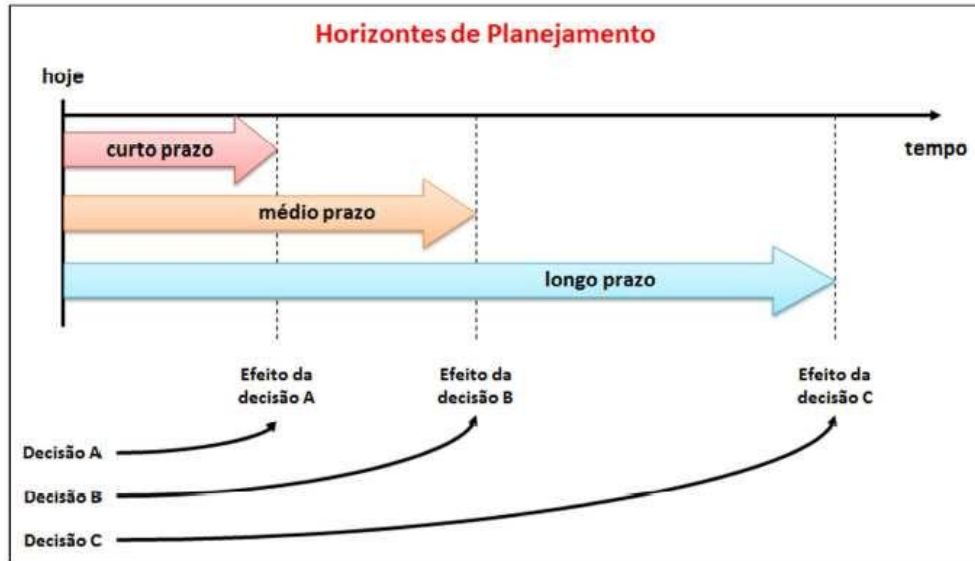


Figura 3. Horizontes de Planejamento.

Fonte: Correa et al. (2000)

A função básica das ferramentas de planejamento estratégico de longo prazo é estabelecer um ambiente de produção capaz de cumprir com os objetivos gerais da fábrica. Em relação à fábrica, isso começa com um módulo de previsões, que usa as informações de marketing para gerar uma previsão das demandas futuras. Um módulo de capacidade/fábrica usa essas previsões das demandas (agregadas, para análise de longo prazo), juntamente com as descrições das necessidades dos processos para a fabricação dos vários produtos, para determinar as necessidades de equipamentos e máquinas (Spearman e Hopp, 2013). Geralmente, o planejamento de longo prazo é visualizado em termos econômico-financeiros.

O módulo de planejamento agregado faz previsões brutas sobre a combinação de produtos e seus volumes. O plano agregado pode também abordar outras questões relacionadas, tais como quais peças fabricar e terceirizar, e se são necessários ajustes no plano de pessoal. As ferramentas táticas de médio prazo usam os planos de longo prazo, juntamente com as informações sobre os pedidos dos clientes, para gerar um plano geral de ação, que vai ajudar a preparar a fábrica para a fabricação de produtos. As quotas de produção formam parte do PMP, o qual é baseado nas previsões de demanda processadas pelo módulo do planejamento agregado. O módulo de programação e sequenciamento transforma o PMP em um

plano de trabalho que ditará quais os trabalhos a executar no curto prazo (Spearman e Hopp, 2013). O módulo de controles de fábrica controla, em tempo real, o fluxo de materiais e os progressos deste plano, além dos indicadores da GPT. Quanto maior o nível de detalhamento e menor o horizonte de tempo, maior é a necessidade de controle e limitadas são as decisões a serem tomadas. A Figura 4 ilustra a relação entre planejamento e controle.

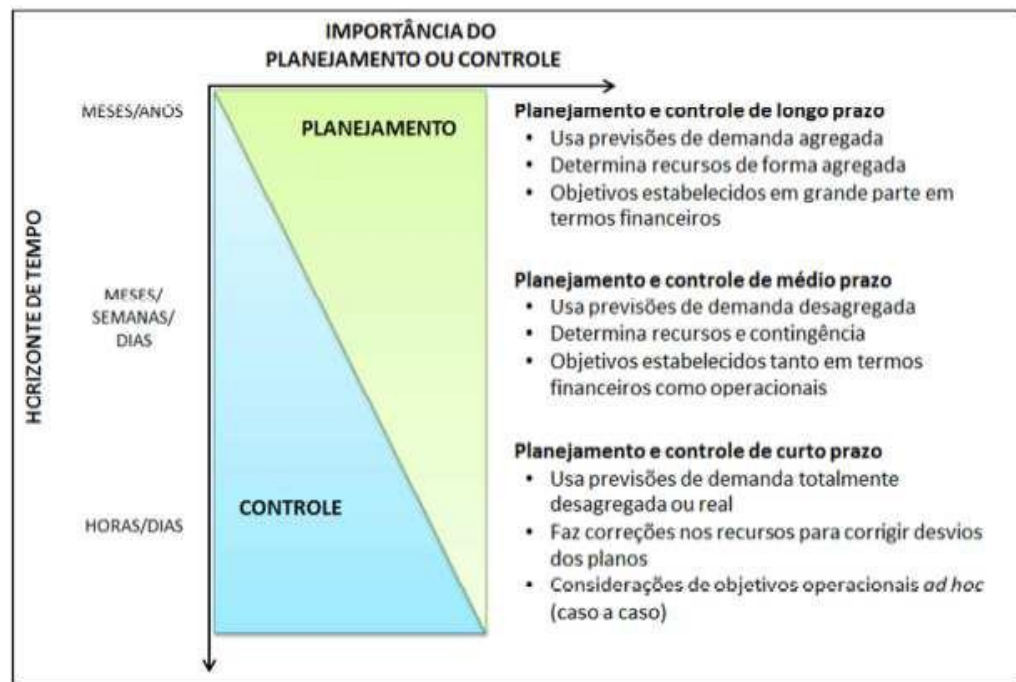


Figura 4. Relação entre Planejamento e Controle.

Fonte: Slack et. al. (2009)

Meybodey e Foote (1995), propuseram um modelo de PHP similar ao modelo proposto neste trabalho, conforme ilustra a Figura 5. Os autores apresentam testes com premissas definidas, para avaliação das heurísticas criadas para cada fase do método, com um objetivo de testá-lo matematicamente, sem maiores preocupações com resultados ou mudanças necessárias para o modelo ou estratégias de produção diferentes.

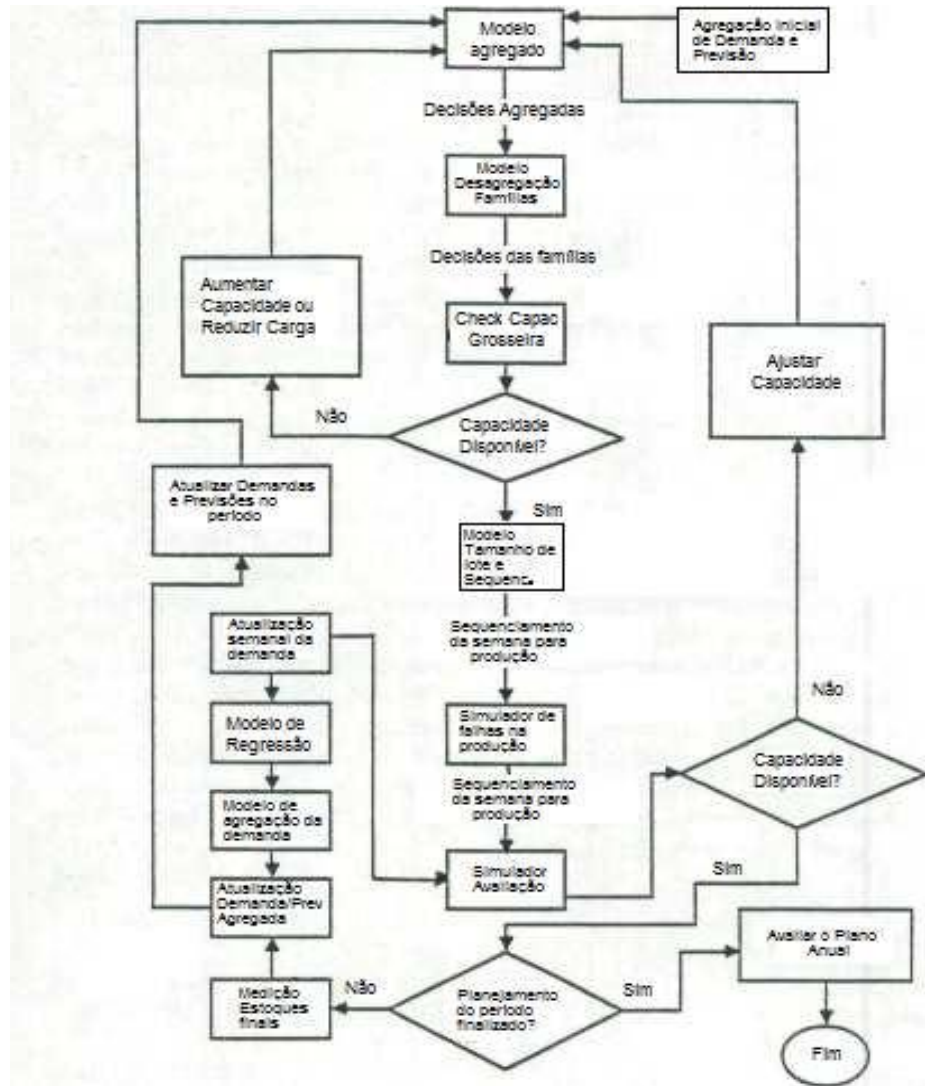


Figura 5. Modelo de PHP.

Fonte: Meybody e Foote (1995)

A seguir seguem alguns comentários sobre as fases do método:

O modelo agregado inicial é o mais alto nível de planejamento: um Plano geral de produção com visão de um ano, com revisões a cada 04 meses, com definições quanto à estoques planejados (minimizar inventário), Força de Trabalho (estabilidade), nível de serviço (pontualidade) e minimização dos custos. Há uma falha em relação às heurísticas baseadas em pontos pelos menos conflitantes, como a otimização dos níveis de serviço e redução dos inventários e custos produtivos. Ainda, o método não comporta diferentes tratativas, caso alguma família de produtos

tenha uma estratégia distinta, como a necessidade de um maior nível de inventário, para maior flexibilidade de atendimento. O modelo de desagregação em famílias é o primeiro nível de desagregação e avaliação da capacidade (revisão da capacidade grosseira) e o modelo de tamanho de lote e sequenciamento calcula o tamanho de lotes ideais, em relação as estratégias definidas no plano agregado, e realiza o sequenciamento, de acordo com a capacidade disponível, com menor nível possível de estoques e custos, com visão de um dia a uma semana. Após estes cálculos, realiza-se o sequenciamento da produção, com visão semanal. No passo seguinte, um simulador verifica se o sequenciamento adotado possui algum erro (artigo citado não define quais erros são possíveis). Como último passo, realiza-se uma nova verificação da capacidade para a execução da produção na semana programada. Destaca-se que os testes efetuados nas heurísticas elaboradas precisam de premissas para isolar variáveis como a própria variação de demanda dos itens e necessidade de *setups* de itens da mesma família, o que não ocorre na prática. O artigo também não apresenta como o modelo de avaliação da capacidade opera, não deixando claro se as eficiências dos equipamentos foram calculadas e consideradas.

Como pontos positivos deste método, destacam-se a sequência de passos lógicos adotados, mesmo não citando a hierarquia para tomada das decisões (função do PHP); a divisão dos produtos em famílias de produtos; a revisão da capacidade produtiva frente a demanda analisada e a existência de passos para sequenciamento da produção.

### **2.1.1 O Planejamento da Capacidade no PHP**

Com a previsão das demandas futuras e com a decisão estratégica de atendimento do plano, precisa-se assegurar a capacidade para cumprimento do mesmo. Essa é a função do módulo de planejamento da capacidade. As decisões básicas a tomar em relação à capacidade são sobre quais e quantos equipamentos adquirir os sobre mudanças em relação aos turnos de produção e contratação de



pessoas. As principais questões relacionadas ao planejamento de capacidade dos ativos são:

- Vida útil dos produtos (Capacidade instalada para atendimento deste período);
- Receita gerada pela capacidade instalada;
- Necessidade de capital e opções de depreciação;
- Confiabilidade e manutenção dos equipamentos
- Gargalos

### **2.1.2 O Planejamento Agregado no PHP**

Uma vez estipulada a demanda futura e definidos o plano de capacidade, pode-se gerar um plano agregado que especifica a quantidade de cada produto que será produzida ao longo do tempo. Por exemplo, se o módulo do planejamento agregado indica que um centro de trabalho específico estará sobrecarregado no próximo ano, sabe-se que esse recurso deverá ser gerenciado cuidadosamente (Spearman e Hopp, 2013).

Tipicamente, os modelos PHP apresentam dois níveis hierárquicos: planejamento agregado e planejamento detalhado. Inicia-se pela solução do modelo de planejamento agregado, onde os dados de demanda e recursos são considerados de forma agregada (famílias de produtos, centros de produção e período mensal). Este plano agregado é detalhado a partir de um modelo de desagregação, resultando no Plano Mestre de Produção (Mesquita e Castro, 2008).

As decisões desse módulo precisam de planejamento antecipado. Por exemplo, se um pico de produção ou a definição de um aumento no número de estoque de produtos acabados seja tomada, a compra de materiais e a produção destes itens iniciará meses antes. O planejamento agregado garante que recursos básicos para produção estejam disponíveis em quantidades adequadas, assim como, quando e quantos produtos serão produzidos, além de ser um planejamento de longo prazo (Lustosa, 2008). Arruda et al. (2006), define o planejamento

agregado como sendo 'a determinação dos níveis de produção, mão-de-obra e estoque sobre um horizonte de tempo finito'.

Na literatura essa relação com o planejamento de longo prazo é chamado de *Sales and Operations Planning – S&OP*. Para Vollmann et al. (1992) o *S&OP* possui dois fundamentos essenciais:

- **Demanda e suprimento:** Fundamental identificar desequilíbrios entre demanda e suprimento. Quando a demanda é superior ao suprimento, o cliente é afetado, pois a operação não atende os volumes desejados. Os custos de produção aumentam (horas extras, fretes especiais) e a qualidade diminui, devido necessidade de aumentar o ritmo de produção. Da mesma forma, quando a demanda é inferior ao suprimento, elevam-se os estoques. Então, o papel do *S&OP* é buscar alternativas para minimizar estes desequilíbrios;
- **Volume e *mix*:** Volume se refere as taxas de produção, vendas e estoques por família de produtos e *mix* ao detalhamento de cada produto, pedido e sequencia a produzir. O *S&OP* trabalha nos volumes e o *mix* é discutido nos planejamentos de médio e curto prazo, pois tem este detalhamento maior nesta fase da hierarquia.

### **2.1.3 O Gerenciamento da Demanda no PHP**

O módulo de gerenciamento da demanda comporta os possíveis ajustes necessários nos pedidos dos clientes para melhor gestão do PMP. Isso mostra que os pedidos dos clientes não podem ser basicamente implantados para a fábrica na ordem que são recebidos. Eles devem ser processados e agrupados de maneira coerente para fornecer uma carga constante ao máximo para a fábrica (no capítulo 2.5.1 trata-se do *Heijunka* ou nivelamento da produção). Programações recebidas de clientes devem ser analisadas minuciosamente para comparativo em relação à carteira anterior e para evitar que hajam impactos nos períodos considerados como

congelados. Segundo Spearman e Hopp (2013), o equilíbrio entre o atendimento ao cliente e estabilidade da fábrica é o desafio do gerenciamento da demanda.

#### **2.1.4 Programação e Sequenciamento no PHP**

O PMP ainda é um plano de produção que precisa ser transformando em uma sequência de operações, carregada no *MRP*. O objetivo é oferecer ao chão de fábrica as informações necessárias para produzir e para que façam os controles necessários. As ordens de produção são liberadas nesta etapa, com os *lead times*, máquinas e quantidade já definidas para atendimento do plano.

#### **2.1.5 Controles de Fábrica no PHP**

O módulo de controle de fábrica usa a programação como um guia geral, adotando-o linearmente, quando possível. Caso sejam necessários ajustes, devido falhas de equipamentos ou atraso na chegada de peças, este módulo determina qual a nova sequência que será adotada. Além disso, aqui devem ser tabulados os dados da produção como os tempos de produção, controles do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), taxas de produtos com defeitos, máquinas com alguma restrição e apontamentos de início e fim de produção e paradas ocorridas. Estes dados serão cruciais para alimentar os novos planos de capacidade.

### **2.2 MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO (MFP)**

A competitividade acirrada em que se encontram as organizações atuais faz com que a busca por melhores processos e formas eficientes de atendimento aos seus clientes, sejam fatores determinantes para o sucesso empresarial. As organizações condicionam-se a permanente preocupação com a falta de materiais e o não-atendimento dos clientes, além de altos estoques e capacidade ociosa. O

planejamento da produção tem por objetivo satisfazer à estas necessidades, visando à demanda do cliente, com a disponibilidade de produtos no momento certo (Antunes et al, 2008).

O ponto de partida para a apresentação do MFP é a diferenciação conceitual entre as Funções Processo e Operação. Existe basicamente duas divisões que permitem a observação e análise dos fenômenos que ocorrem na produção, seja ela industrial ou de serviços:

- Observar o fluxo do objeto de trabalho (material, serviços e ideias) no tempo e no espaço;
- Observar o fluxo do sujeito do trabalho (homens e máquinas e equipamentos) no tempo e no espaço.

A Função Processo refere-se ao fluxo de materiais ou produtos, em diferentes estágios de produção, nos quais se pode observar a transformação gradativa das matérias-primas em produtos acabados. Ou ainda, os processos podem ser simplesmente definidos como sendo o fluxo de materiais para os produtos, que se modifica de acordo com o curso simultâneo do tempo e do espaço (Shingo, 1996).

A Função Operação refere-se à análise dos diferentes estágios, nos quais os trabalhadores e/ou máquinas encontram-se relacionados ao longo de uma jornada de trabalho. Pode-se dizer, de forma mais genérica, que a função operação trata do fluxo do sujeito do trabalho – pessoas (trabalho vivo) e máquinas (trabalho morto) – no tempo e no espaço. Nas palavras de Shingo (1996), a Função Operação representa operadores e máquinas (que são assistentes dos homens) que se modificam de acordo com o curso simultâneo do tempo e do espaço.

A abordagem proposta pelo MFP, descoberta e proposta originalmente no ano de 1945 por Shigeo Shingo, consiste em visualizar os sistemas produtivos a partir da noção de uma rede que envolve no eixo X os processos e no eixo Y as operações, ou seja, os sistemas produtivos são visualizados a partir de uma combinação de acompanhamento dos fluxos de materiais, no tempo e no espaço, e do acompanhamento do fluxo de pessoas e equipamentos, dispositivos, etc., no tempo e no espaço. Portanto, para cada nó da rede corresponde a um encontro da função processo com a função operação.

### 2.2.1 A Função Processo

Abaixo seguem os elementos da Função Processo, conforme Antunes et al (2008):

- Processamento ou fabricação: significa a transformação do objeto de trabalho (materiais, serviços e ideias) no tempo e no espaço, por exemplo, usinagem, pintura, mudanças de qualidade do produto e montagens;
- Inspeção: comparação do objeto de trabalho (dimensões, composição química) contra determinado padrão previamente definido;
- Transporte: mudança de posição ou localização do objeto de trabalho;
- Estocagem ou espera: significa basicamente os períodos de tempo onde não estão ocorrendo qualquer tipo de processamento, transporte ou inspeção sobre o objeto do trabalho. As esperas ainda podem ser divididas em:
  - a) esperas entre processos: lote inteiro aguardando uma operação em outro produto, muitas vezes nomeada como fila;
  - b) esperas devido ao tamanho dos lotes: enquanto uma peça do lote está sendo produzida, as demais estão aguardando, porque, obviamente, não poderiam ser processadas simultaneamente no mesmo recurso. Ocorre a espera tanto as peças não processadas como as peças já processadas;
  - c) armazenagem de matérias-primas e armazenagem de produtos acabados: são fatores externos à fábrica, com definições de acordo com parâmetros de estoque pré-definidos.

As esperas acarretam em longos *lead times* na fábrica e o aumento de defeitos e retrabalhos, por isso possuem fundamental importância no Sistema Toyota de Produção. O ataque sistemático às esperas de processo implica na adoção de técnicas geralmente associadas ao PPCPM e no uso de ferramentas

como o Kanban. As melhorias das esperas dos lotes implicam, de forma geral, no uso de ferramentas que modifiquem a realidade da fábrica, tais como a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), *Preset*, lotes de transferência menores que os lotes de produção, entre outros.

A existência de estoques de produtos acabados tem relação entre o ciclo de produção ou tempo de atravessamento e o ciclo de entrega (Shingo, 1996). Se o ciclo de produção ou atravessamento for maior que o ciclo de entregas, torna-se inevitável a constituição de um estoque, ou não será possível atender a demanda do cliente. Sendo assim, duas alternativas são passíveis de serem utilizadas: a redução do tempo de atravessamento ou o aumento do ciclo de entrega; a segunda alternativa, devido as dimensões competitivas de mercado da busca de atendimento dos prazos estabelecidos pelos clientes, torna-se, normalmente, inviável (Antunes et al, 2008). Então, foca-se o trabalho na redução do tempo de atravessamento, que está diretamente ligado às esperas de processo e de lotes. Para a produção de grandes lotes de peças, as esperas tornam-se maiores, o que ratifica a necessidade de trabalhar-se na redução dos tempos de preparação.

Para os estoques de matérias-primas, a Toyota seguiu a mesma linha de trabalho. Ou o fornecedor assumiria os custos financeiros de manter um estoque, para atendimento das demandas colocadas, ou o mesmo trabalharia, juntamente com o cliente, na redução dos tempos de atravessamento. E isso acarreta, claro, que os fornecedores da Toyota buscassem ações com seus fornecedores, fazendo com que toda a cadeia fosse desenvolvida.

### **2.2.2 A Função Operação**

A seguir serão apresentados detalhadamente os elementos básicos da Função Operação, conforme Antunes et al (2008):

- **Preparação e setup:** refere-se basicamente à mudança de ferramentas e dispositivos. Tempo decorrido entre a última peça boa produzida do lote precedente até a primeira peça boa produzida do lote seguinte.

- Operação principal: atividades ligadas diretamente a fabricação, inspeção, transporte e espera. Aqui o autor divide as operações como essenciais e auxiliares. Todas as operações de processamento, inspeção, transporte e estocagem ligadas diretamente ao processo de produção em si são chamadas de essenciais, tais como a fabricação e montagem, mudança do local dos produtos, estocagem do material em prateleiras, pastas, etc. Todas as operações que ocorrem imediatamente antes ou depois das operações essenciais são chamadas de auxiliares, tais como a alimentação das máquinas e linhas de montagem, manipulação de instrumentos de medição, preparação de prateleiras, etc.
- Folgas não ligadas ao pessoal: são folgas, ou seja, tempos onde os operadores não estão realizando as atividades de produção, inspeção e movimentação. As causas destas folgas estão ligadas à operações não previstas, não ligadas as pessoas. Estas folgas podem ocorrer na operação, como por exemplo, necessidade de lubrificação das máquinas, manutenção corretiva, realocação de ferramental danificado, entre outras, ou podem ocorrer entre operações, ligadas diretamente a sincronização entre as operações de processamento, inspeção, transporte ou espera, tais como a espera por materiais, falta de energia, etc.
- Folgas ligadas ao pessoal: são folgas diretamente ligadas às pessoas e não conectadas às máquinas e operações. São as folgas por fadiga, relacionadas a inatividade produtiva por necessidade de recuperação de fadigas por origem física ou mental, ou as folgas físicas ou higiênicas, ligadas as necessidades fisiológicas das pessoas: beber água, ir ao banheiro, entre outras.

### **2.2.3 A Função Processo e a Função Operação: Qual é a prioridade?**

Após a análise da Função Produção e a divisão entre Função Operação e Função Processo, analisa-se qual é a mais importante para a estrutura de produção: aquelas ligadas à Função Processo ou as associadas a Função Operação? Shingo (1996), deixa claro que é a Função Processo que permite atingir as principais metas de produção, enquanto as operações desempenham papel suplementar. Segundo Antunes et al (2008), o objetivo da Função Processo é atender as necessidades dos clientes e a Função Operação é o conjunto de atividades subordinadas à Função Processo, visando propiciar a eficácia das partes envolvidas no sistema produtivo, ou seja, manter o bom funcionamento da função processo. A análise da Função Processo permite ainda a compreensão do sistema produtivo como um todo, enquanto a Função Operação analisa mais detalhadamente uma das partes.

Abaixo segue um exemplo claro da diferenciação entre melhorias focalizadas na Função Processo e na Função Operação:

Suponha a necessidade de transporte de um determinado lote entre CT1 e CT2 com uma distância de 100 metros, realizado manualmente. A sugestão para melhoria do processo foi a mudança do transporte manual para o transporte via esteira, conforme Figura 6 (Antunes et al, 2008).



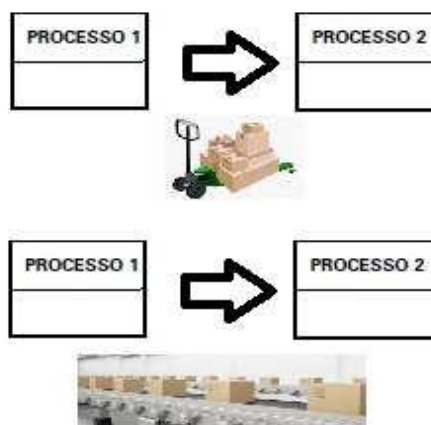


Figura 6. Sugestão de Mudança de Transporte do Material.

Fonte: Elaborado pelo autor

Aqui fica clara a distinção entre a Função Processo e a Função Operação. Se for aceita esta sugestão, tem-se uma melhoria na Função Operação, ou seja, na operação de transporte do material. Porém, do ponto de vista da Função Processo, o fluxo de material permanece o mesmo, ou seja, não ocorreu uma melhoria no processo de transporte. Uma mudança radical neste processo seria a eliminação do transporte entre os dois CTs, com a técnica de melhoria de leiaute.

A aplicação do PMP tem impacto direto na Função Processo. Akillioglu, Ferreira e Onori (2013), ressaltam que o PMP pode ajudar a reduzir o *lead time* de entrega dos produtos, respondendo mais rapidamente as necessidades do mercado. Como exemplo, a definição adequada do tamanho de lote dos produtos e sequenciamento da produção podem trazer significativas reduções das esperas e dos estoques, pois determina as quantidades e datas de produção de maneira a otimizar os recursos. Além disso, o sequenciamento adequado da produção pode trazer ganhos significativos na pontualidade com os clientes internos e externos. Ainda, vale ressaltar que, o uso da ferramenta capacidade X demanda influencia diretamente nas esperas na fábrica (uma restrição de capacidade não tratada previamente pode resultar em aumento das esperas e do estoque e ainda trazer danos à pontualidade). A correta definição dos gargalos na fábrica trarão ainda

subsídios para a tratativa destas restrições e definições de estratégias de produção para eliminar/minimizar as esperas, perdas, etc.

### **2.3 CAPACIDADE X DEMANDA**

O tema da capacidade é central na Gestão de Operações. Várias decisões consideram esta capacidade produtiva para tomada de decisões, como aceite de pedidos, programação da força de trabalho, faturamento previsto, aquisição de novos equipamentos, etc. O plano de capacidade torna finito o plano de produção, o que é fundamental para encaixar as ordens de produção, para atendimento das demandas dos clientes.

Hayes et al (2008) definem três políticas distintas de capacidade, que é parte da definição da estratégia da empresa:

- a) Demanda pela capacidade: Capacidade sempre acima da demanda, minimizando riscos de falta de componentes;
- b) Produzir para previsão: Capacidade e demanda equilibrados, sem excessos ou sobras;
- c) Capacidade excedente somente após confirmação de demanda: o aumento da capacidade só ocorrerá quando a demanda exceder a capacidade, provocando, por um período, um saldo negativo de capacidade.

Para Spearman e Hopp (2013), o planejamento da capacidade tem a função de verificar se a capacidade física instalada da indústria está adequada à previsão de demanda futura, e conseqüentemente, deve gerar um plano de adequação da empresa ao mercado. A decisão principal estaria em torno da aquisição ou não de equipamentos e da geração de alternativas que permitam elevar a capacidade do sistema produtivo. Hayes et al (2008), ainda citam que é necessário prever o crescimento e variabilidade da demanda de produtos e serviços, qual a capacidade de fornecedores para atendimento as demandas futuras, espaço físico disponível,

recursos humanos e política da empresa, o que torna mais difícil a tarefa de definir a capacidade produtiva com acuracidade. Ele cita pontos que podem afetar a capacidade:

- A tecnologia do processo afeta as eficiências dos recursos;
- A capacidade depende do *mix* de produtos (quantidade e tempo de processamento de cada produto);
- A capacidade depende da política da empresa para as jornadas de trabalho, horas trabalhadas, finais de semana, etc.;
- A capacidade é dinâmica, ou seja, através de melhorias ou perdas de rendimento, a capacidade pode variar. Quanto maior estas variações, maior será o impacto na falta ou excesso de capacidade.

Para Zaeh e Mueller (2007), lidar com as incertezas de mercado é considerado um grande desafio para as empresas. Estes desafios são especialmente intensificados pela diminuição da estabilidade e da previsibilidade dos mercados na atualidade. Um meio possível de lidar com essas flutuações está centrado na flexibilidade para alterar estruturas de processos e seus parâmetros. Hayes et al (2008) apresentam formas alternativas de formar “colchões” de capacidade (por exemplo alocação de estoques, equipamentos, pessoas e espaço físico). De modo geral, este “colchão” visa atender um acréscimo de demanda de forma rápida e sem perder pedidos de clientes. A alocação de estoques é uma maneira de atender uma demanda temporariamente maior que a capacidade. Este estoque pode ser de produtos acabados ou intermediários. No entanto, o risco está em saber quais itens serão demandados, podendo ocorrer um acúmulo de estoques desnecessários.

Mais flexível que a formação de estoques, o “colchão” de equipamentos e/ou pessoas, permite maior facilidade na gestão do *mix* e do volume de produtos. Uma pequena demanda adicional poderá ser atendida com horas extras. Porém, uma demanda acima poderá exigir contratações e compra de equipamentos. Dependendo da especialidade dos profissionais necessários e do tipo de

equipamento a ser adquirido, maior será o tempo de aquisição, instalação e treinamento para o aumento da capacidade produtiva.

Antunes et al (2008) mostram a relevância de conhecer os custos relativos aos fatores de produção a partir da análise comparativa dos custos de instalação de uma célula de manufatura no Brasil, EUA e Japão. Enquanto no Brasil os custos de mão-de-obra são baixos e os custos de capital elevados, tendendo para a lógica de gestão a maximizar a utilização de trabalho em detrimento ao uso do capital, nos EUA e Japão, o custo do capital é menor, ou seja, as opções em relação aos investimentos em equipamentos são maiores. Considerando que aqui, o custo do capital é elevado, uma das opções é a de trabalhar com um “colchão” de capacidade baseada em mão-de-obra, que pode ser menos custosa do que a opção de novos investimentos em equipamentos e/ou produtos acabados. Adicionalmente, a estratégia de capacidade pode variar de acordo com a situação do mercado. Em um período de crescimento, o risco de longo prazo é menor, visto que, mesmo que o investimento seja feito de modo antecipado, no longo prazo a capacidade será utilizada. Apesar de onerar o negócio no curto prazo, esta “gordura” poderá alavancar novos negócios e pedidos para a empresa. Já para mercados em queda, as perdas originadas por extras de capacidade serão maiores, aumentando o custo unitário dos produtos e elevando o risco na operação. Ainda, devido à dificuldade de novos investimentos, a fábrica poderá ficar obsoleta e perder mercado (Hayes et al. 2008).

### **2.3.1 Expansão de Capacidade**

Hayes et al (2008), criticam os atuais modelos para avaliação os impactos de diferentes estratégias de capacidade. Estes modelos são simplistas mantendo muitos fatores constantes, além de necessitar de previsões de custos e demanda que são difíceis de construir do ponto de vista prático. Para os autores, na prática, as empresas tendem a adotar processos empíricos a respeito da expansão da

capacidade. O Quadro 4 mostra os quatro princípios utilizados pelas empresas, relativos a capacidade.

Quadro 6. Princípios da Expansão da Capacidade.

Fonte: Hayes et al (2008).

Filosofia	Característica	Risco
Não adicione capacidade até que haja a necessidade de seu desenvolvimento.	A capacidade normalmente é acrescida em períodos de crescimento do mercado.	Aumento de capacidade conjunta com a concorrência pode criar excesso de capacidade da indústria como um todo. E, ainda pode ocorrer tardiamente quando o mercado tende a cair.
Tente adivinhar o mercado ao acompanhar a estratégia contracíclica.	Adiciona capacidade em um ponto baixo no ciclo de negócio, antes da concorrência.	Além do risco de o crescimento esperado não ocorrer, a planta ainda terá que conviver com baixo nível de utilização até atender toda a capacidade.
Construir a perder de vista.	Não tenta adivinhar o mercado; mas, atuar com política de crescimento nas suas posições de venda no longo prazo.	Idem ao item anterior.
Siga o líder.	Menor risco porque se coloca na mesma posição do líder se beneficiando ou perdendo na mesma medida.	A empresa não constrói vantagem competitiva em termos de atendimento tendendo a permanecer na mesma posição de mercado.

Hayes et al (2008), citam que nenhum destes princípios devem ser seguidos a longo prazo. Cada situação deve ser analisada de maneira diferente, avaliando situação do mercado, condições de custos, riscos e possibilidades da empresa.

O PHP auxilia na divisão dos horizontes do planejamento e no nível de detalhamento para decisões sobre aumentos de capacidade. Geralmente, estas decisões são tomadas na avaliação de longo prazo (estratégica) avaliando fatores de mercado e previsões de aumentos de produção.

Para Souza (2000), existem duas abordagens principais quanto a consideração de capacidade: finita e infinita. Nos sistemas de planejamento da produção com capacidade infinita, a programação desconsidera o problema de capacidade, calculando apenas os materiais necessários. Já nos sistemas finitos, as cargas são alocadas em intervalos de tempo de acordo com a capacidade disponível. Para Barreto (2010), uma análise da capacidade *versus* a demanda pode

auxiliar na tomada de decisão de temas relevantes para o negócio. Isso ocorre a partir de diferentes perspectivas, desde o curto prazo (definição de horas extras, por exemplo) quanto de médio e longo prazo (por exemplo, redução nos tempos de setup, aquisição de máquinas, etc). Da mesma forma, envolve diferentes níveis de uma organização, desde o operacional, passando pelo tático até o estratégico.

### **2.3.2 Modelo de Análise de Capacidade e Demanda**

Antunes et. al (2008), propuseram um modelo teórico de análise da capacidade versus demanda. O modelo contém uma ferramenta que pode ser utilizada para auxiliar os processos de planejamento e programação no sentido de validar os planos e programação, comparando com a capacidade produtiva. Esta ferramenta visa estabelecer uma visão geral dos recursos produtivos, identificando as restrições para que a organização possa atuar. Em geral, as lógicas adotadas para a determinação da capacidade não possuem rigor científico adequado, não considerando, na maioria das vezes, a eficiência dos equipamentos. Além disso, trabalham em recursos que não são gargalo e que não contribuem efetivamente para um maior fluxo produtivo.

Goldratt (1997), cita que uma das mais relevantes questões na tomada de decisão de um sistema produtivo é o gerenciamento dos gargalos. Isso passa por identificar a restrição e promover melhorias de modo que a restrição não impacte na obtenção das metas planejadas.

#### **2.3.2.1 Recursos Gargalo e CCRs**

Goldratt (1997) define restrição como qualquer coisa que impeça o alcance da meta estipulada pela empresa. Qualquer sistema possuirá, pelo menos uma restrição: pessoas, material, equipamentos, procedimentos, políticas, etc. Antunes et al (2008), definem gargalo como sendo constituído de recursos cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender a demanda do

mercado. São os recursos cuja capacidade instalada é menor que a demanda imposta a ele, no período de tempo, geralmente longo, considerado para análise. No caso de haver diversos recursos com capacidade menor que a demanda futura analisada, o gargalo tenderá a ser aquele que apresentar maior déficit negativo. Os autores ainda ressaltam que o conceito de gargalo está relacionado a aspectos estruturais da empresa. Embora cientificamente, seja necessário avaliar os gargalos quando ocorrem mudança de *mix* ou volume de produto demandado, na prática das empresas existe uma tendência do gargalo não se modificar significativamente em função de aspectos relacionados ao balanceamento real das capacidades dos postos de trabalho. Investimentos em gargalos são naturais visto que são restrições de cunho estrutural e aquisições de máquinas e/ou investimentos em melhorias estruturais podem ser necessários. Além da aquisição de novos equipamentos, o aumento do tempo total se dá pelo aumento da mão-de-obra, utilização de horas extras e adição de novos turnos de trabalho.

Os CCRs diferem dos gargalos, pois possuem em média capacidade superior a necessária para atender determinada demanda. No entanto, em função da variabilidade nos sistemas produtivos ou devido a variações significativas na demanda, podem apresentar restrição de capacidade (Antunes et al 2008). Quebra de máquina e outros problemas de manutenção, problemas de qualidade, pedidos e aumentos repentinos na carteira ou mudanças abruptas de *mix*, *setups* maiores que o programado e faltas de materiais podem ocasionar uma restrição momentânea na capacidade. Eliminar estas variações diminuirão significativamente os casos de recursos com restrições de capacidade e diminuiram o nervosismo na fábrica. Antunes et al (2008), destacam algumas ações para redução das variações no processo produtivo:

- padronização das preparações;
- melhorias e padronização das manutenções, visando aumentar a confiança nos equipamentos;
- garantia de formas eficazes de sequenciamento da produção;
- aumento da confiabilidade no fornecimento de suprimentos;

- nivelamento da demanda, antecipando ou postergando a produção de alguns pedidos;

Os autores ainda alertam que seria um equívoco investir em equipamentos para equacionar os CCRs. A ideia básica aqui é de gerir melhor os recursos já existentes.

Para o aumento da eficiência global da empresa são ações possíveis:

- eliminar ou minimizar os períodos de tempo perdidos no gargalo, visto que qualquer tempo perdido neste recurso represente a perda em todo o sistema;
- redução dos tempos de *setup*;
- melhoria da manutenção das máquinas gargalo, considerando as paradas planejadas e não planejadas.
- terceirização de uma parte do processo restritivo;

Segundo Antunes et al (2008), há ainda ações para redução da demanda nos recursos gargalo:

- redução do tempo de ciclo dos produtos através de técnicas ligadas a melhoria de métodos e processos;
- melhoria no método de alimentação das máquinas;
- divisão da operação gargalo em operações menores, buscando realizar as operações menores em outros recursos com capacidade excedente, de modo a aumentar a capacidade do gargalo;
- melhorar o controle de qualidade no sistema para que nenhuma peça defeituosa seja processada no gargalo;
- utilizar roteiros alternativos, mesmo que implique em utilizar mais máquinas para executar a mesma operação.



### 2.3.3 Cálculo da Demanda e da Capacidade

A oferta dos recursos produtivos será obtida através da multiplicação do tempo disponível do recurso pela sua eficiência operacional (IROG). O capítulo 2.4 mostra detalhadamente os conceitos do IROG.

A demanda de um equipamento é obtida através da multiplicação do mix a ser produzido (quantidade de peças de uma carteira ou pedidos) pelo tempo de processamento. A Figura 7 mostra a equação do cálculo da demanda:

$$D = \sum_{i=1}^n tp_i \times q_i$$

Onde:

D	=	Demanda dos produtos no recurso
tp <sub>i</sub>	=	Tempo de processamento (tempo de ciclo) do produto i
q <sub>i</sub>	=	Quantidade produzida do produto i

Figura 7. Cálculo da Demanda

Fonte: Antunes et. al (2008)

Cada item produzido neste recurso deverá ter a sua demanda calculada. O somatório das demandas de cada produto será a demanda do recurso. Estes valores geralmente são expressados em segundos ou horas. Este cálculo da demanda é de suma importância para avaliar não só a quantidade de peças produzidas, mas também o produto das peças produzidas e do tempo de processamento de cada produto. Com isso, é possível avaliar impactos da variação na quantidade de alguns produtos e ainda o impacto da redução do tempo de processamento de algum produto da demanda do recurso, principalmente quando o mesmo estiver com restrições de capacidade.

Os recursos gargalo (capacidade menor que a demanda), serão os recursos chave para que a empresa possa focar em melhorias e aumentar a sua taxa de saída do fluxo produtivo.

A capacidade de um determinado equipamento representa a oferta de tempo disponível para a execução da produção, encontrando-se relacionada à função operação.

A Figura 8 mostra a equação para determinação da capacidade:

$$C = T \times \mu_{\text{global}}$$

Onde:

C	=	Capacidade de produção do recurso
T	=	Tempo total disponível para produção
$\mu_{\text{global}}$	=	Índice de eficiência global do recurso

Figura 8. Cálculo da Capacidade

Fonte: Antunes et. al (2008)

## 2.4 ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)

O Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), oriundo da Manutenção Produtiva Total (MPT), surgiu para que as empresas pudessem medir os níveis de eficiência em seus equipamentos. No final dos anos 80 o IROG passou a ser reconhecido como uma poderosa ferramenta para medir o desempenho de um equipamento em um processo produtivo. Segundo Hansen (2006), o cálculo do IROG deve ser primeiramente aplicado nos recursos gargalos que restringem os ganhos da empresa.

Abaixo segue a equação para cálculo do IROG:

$$\mu_{\text{global}} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{T}$$

Onde,

i = item produzido até o limite n;

n = número de ocorrências do item i;

$t_{pi}$  = tempo de ciclo do item  $i$ ;

$q_i$  = quantidade de peças aprovadas do item  $i$  produzida;

$T$  = tempo disponível para a produção.

Vale ressaltar que o IROG utilizado para calcular a eficiência nos recursos produtivos deve ser calculado de maneira diferente nos postos de trabalho considerados gargalos e nos postos não gargalos.

Para Antunes et al. (2013), nos postos de trabalho restritivos (gargalos), o IROG deve ser calculado através do conceito de *TEEP* (*Total Effective Equipment Productivity*), ou produtividade efetiva total do equipamento, onde o tempo disponível considerado para o cálculo da eficiência deve ser o tempo de calendário, não se admitindo nenhum tipo de parada programada. Para Hansen (2006), o *TEEP* mede a efetividade total do equipamento em relação ao tempo de calendário disponível. Antunes et al. (2013) diz que o ideal é operar esse tipo de posto durante todo o tempo de calendário disponível, e que o aumento dessa eficiência reflete no desempenho do sistema como um todo. A equação abaixo mostra o modo de cálculo do *TEEP*.

$$I_{TEEP} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi} \times q_i}{\text{Tempo de calendário}}$$

Onde,

$i$  = item produzido até o limite  $n$ ;

$n$  = número de ocorrências do item  $i$ ;

$t_{pi}$  = tempo de ciclo do item  $i$ ;

$q_i$  = quantidade boa do item  $i$  produzida;

Tempo de calendário = tempo total disponível para a produção, não descontando as paradas.

Para Antunes et al. (2008), se o recurso for considerado não-gargalo, torna-se necessário utilizar o conceito de *OEE* (*Overall Equipment Efficiency*), ou eficiência global do equipamento.

Neste caso, o tempo total disponível para o cálculo do OEE deve ser considerado o tempo disponível subtraindo-se as paradas programadas (refeição e as manutenções preventivas). Para Hansen (2006), o OEE não considera as paradas planejadas tais como: paradas para manutenção, testes, desenvolvimento de novos produtos, reuniões e treinamentos. Os recursos que não são considerados gargalos não precisam operar em tempo integral, caso contrário isso poderia aumentar o estoque de produtos nos sistemas produtivos.

O autor complementa que o aumento do OEE pode reduzir os custos de produção, quando por exemplo se consegue a redução de um turno de produção e isso não implica no atendimento da demanda. Para Antunes et al. (2013), com o aumento desta eficiência é possível atender aos acréscimos da demanda, e proporcionar maior flexibilidade a fábrica. A equação a seguir mostra o modo de cálculo do OEE.

$$\mu_{OEE} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{\text{Tempo de programado}}$$

Onde,

i = item produzido até o limite n;

n = número de ocorrências do item i;

tp<sub>i</sub> = tempo de ciclo do item i;

q<sub>i</sub> = quantidade boa do item i produzida;

Tempo programado = tempo disponível para a produção, descontando as paradas programadas.

Faz-se necessário ainda a apresentação dos índices que compõem o IROG, para melhoria deste indicador na fábrica. Para Antunes et al. (2013), o IROG é obtido por meio da multiplicação dos índices de disponibilidade, de desempenho e de qualidade. A equação abaixo mostra o cálculo do IROG utilizando-se os índices.

$$\mu_{\text{global}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Onde,

$\mu_1$  = índice de disponibilidade

$\mu_2$  = índice de desempenho

$\mu_3$  = índice de qualidade

#### 2.4.1 Índice de disponibilidade $\mu_1$

Para Antunes et al. (2013), o índice de disponibilidade  $\mu_1$  corresponde ao tempo em que o recurso produtivo ficou disponível para produção, menos o tempo em que ele ficou parado. Neste caso, se o recurso produtivo não for considerado um gargalo, o tempo disponível deve ser considerado o tempo total disponível, subtraindo-se as paradas programadas. Porém, se o recurso for um gargalo, deve ser considerado o tempo de calendário como tempo disponível para a produção. A equação a seguir apresenta o cálculo do índice de disponibilidade.

Se o índice de disponibilidade  $\mu_1$  for um número muito baixo, isso indica que há uma grande possibilidade de aumentar este índice, visto que ocorrem muitas paradas durante a produção.

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo disponível} - \sum \text{Tempo Paradas}}{\text{Tempo disponível}}$$

#### 2.4.2 Índice de disponibilidade $\mu_2$

Este índice de desempenho corresponde ao desempenho do posto de trabalho e está relacionado às perdas de ritmo causadas por problemas como redução de velocidade, pequenas paradas e operações em vazio. Para Antunes et al. (2013), o cálculo de  $\mu_2$  utiliza o tempo total de produção, que corresponde ao tempo gasto para fabricação de itens bons e ruins, dividido pelo tempo real de operação. Neste caso, o tempo vai depender do tipo de recurso, restritivo ou não. A equação abaixo mostra o cálculo do índice de desempenho.

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo de produção total}}{\text{Tempo real de operação}}$$

### 2.4.3 Índice de disponibilidade $\mu_3$

O índice de qualidade  $\mu_3$  está relacionado à qualidade dos itens produzidos. O cálculo deste índice leva em consideração o tempo de produção total, considerando que itens conformes e não conformes são produzidos. Para Antunes et al. (2013), valores baixos deste índice são obtidos quando há muitos ajustes gerando retrabalhos e refugos após as operações de setup. A equação a seguir mostra o cálculo do índice de qualidade.

$$\mu_3 = \frac{\text{Tempo de agregação de valor}}{\text{Tempo de produção total}}$$

Para melhor compreensão dos índices que compõem o *IROG*, na Figura 9, apresenta-se a relação entre os tempos de um processo e seus respectivos índices de eficiência.

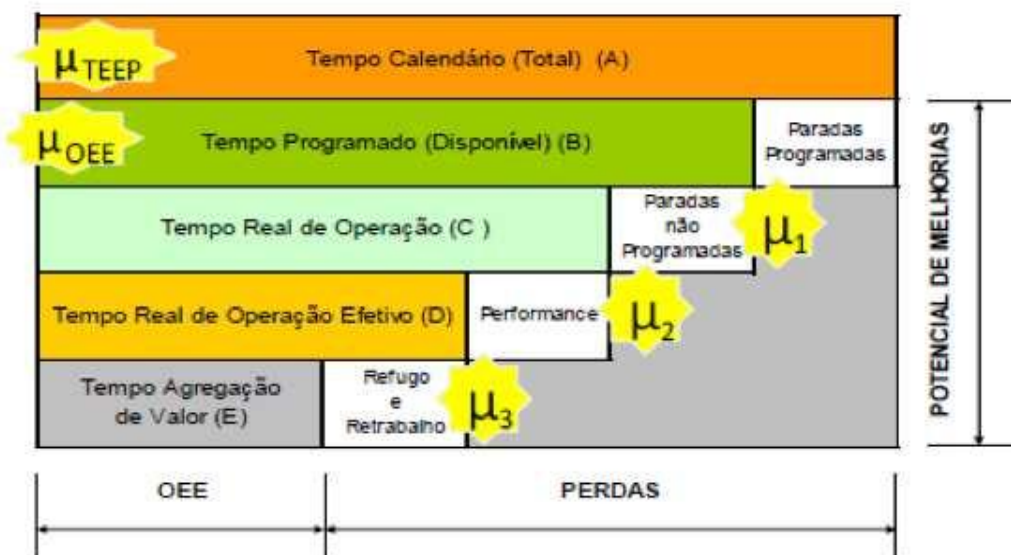


Figura 9. Relação entre Tempo e Índices de Rendimento.

Fonte: Antunes et al. (2013)

## 2.5 PLANO MESTRE DA PRODUÇÃO (PMP)

O Plano Mestre de Produção (PMP) inclui a demanda para todos os produtos finais. Ele fornece as quantidades e os prazos de entrega de todas as peças, com demandas independentes. O mínimo de informações que devem estar contidas no PMP é um conjunto de registros contendo um número de peça, uma quantidade necessária e um prazo final de entrega de cada ordem de conta. Essas informações são usadas para calcular as necessidades brutas que iniciam o processo. O PMP normalmente usa o número da peça para estabelecer a ligação com o arquivo mestre de itens onde outras informações de processamento estão localizadas (Sperman; Hopp, 2013). Corrêa et al. (2000), enfatiza que o PMP é uma declaração de quantidades planejadas que dirigem os sistemas de gestão detalhada de materiais e capacidade, sendo baseada na demanda e nos recursos, organizando assim as metas específicas de produção e respondendo às informações de todas as linhas de produção. As metas e diretrizes do PMP são importantes por enfatizar o principal “alvo” a ser atingindo. Segundo Sipper e Bulfin (1997), o PMP é um plano de produção, que pode ser gerado a partir do Planejamento Agregado, se disponível, ou demanda estimada de itens finais individuais. O objetivo é estabelecer quais os produtos finais serão fabricados em um período de tempo, e as quantidades em que os mesmos serão produzidos

O PMP, segundo Corrêa e Corrêa (2006), ‘coordena a demanda do mercado com os recursos internos da empresa de forma a programar taxas adequadas de produção de produtos finais’. Conforme Tubino (2009), o PMP desmembra o plano estratégico de longo prazo em planos específicos de produtos acabados (bens ou serviços) para médio prazo, direcionando as etapas de programação e execução das atividades operacionais (montagem, fabricação e compras), ou seja, faz a conexão entre o planejamento estratégico (plano de produção) e as atividades operacionais, através do PMP.

Como apresenta Slack et al. (2009), o PMP ou *MPS (Master Production Schedule)*, é a fase mais importante do planejamento e controle de produção de

uma empresa, pois contém uma declaração da quantidade e momento em que os produtos finais devem ser produzidos.

A qualidade do PMP tem relação direta com os resultados da empresa, como destacam vários autores na literatura. Gaither e Frazier (2001), por exemplo, ressaltam que o PMP influencia no nível de serviço e nos custos produtivos, ao otimizar a utilização dos recursos fabris. Xie, Zhao e Lee (2003), acrescentam que o PMP pode gerar maior estabilidade do ambiente produtivo e dessa forma também afetar os custos fabris. Por fim, Akillioglu, Ferreira e Onori (2013), ressaltam que o PMP pode ajudar a reduzir o *lead time* de entrega dos produtos, respondendo mais rapidamente as necessidades do mercado consumidor. Slack et al (2009), cita que o PMP é a etapa mais importante do PPCPM, pois servirá de base para necessidade de materiais, ordens de produção e direciona o plano de mão-de-obra e máquinas. Xie et al (2003), cita que a qualidade do PMP pode influenciar significativamente o custo total, a instabilidade da programação e a produção e que frequentes ajustes no PMP podem induzir maiores alterações nas programações do MRP (nervosismo do MRP, que será descrito na seção 2.7.4). Sridharan et al. (1987) e Minifie e Davis (1986), citam que a manutenção de um PMP estável é um assunto crítico em muitas empresas que utilizam o *MRP* para planejar e controlar as operações de manufatura. Quanto maior o período congelado, mais estável será o plano de produção e menos nervoso será o *MRP*, porém, poderá aumentar os estoques de peças sem demanda e reduzir a pontualidade de entregas (ou *service level*) em itens com demanda variável no período (ZHAO et al.,1995).

Por ser um plano detalhado, um conjunto de informações são fundamentais para a elaboração do PMP. Fernandes e Godinho (2010) citam:

- a) Previsão de demanda: vendas em períodos futuros;
- b) Carteira de pedidos: visão do que já está vendido ou firme;
- c) Demanda do período: valor que de fato será levado em consideração (previsão ou carteira de pedidos). Geralmente, utiliza-se o maior valor (porém pode gerar estoques desnecessários);
- d) Estoque atual e projetado: posição do estoque atual para iniciar o PMP;



- e) *ATP (Available to Promise)*: identifica quantidades disponíveis quando se projetam estoques de produto acabados;
- f) *PMP*: Define quantidade final a ser produzida e que serão confirmadas na validação pelo programador.

O Quadro 7 ilustra a lógica do PMP:

Quadro 7. Exemplo de PMP  
Fonte: Fernandes e Godinho (2010)

ITEM: XXXXXXXXXXXX	PERÍODOS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Previsão de Demanda		340	350	370	340	290	310	300	290
Carteira de Pedidos		380	360	320	200	40	0	0	0
Demanda		380	360	370	340	290	310	300	290
Estoque atual/projetado	85	0	0	0	0	0	0	0	0
Disponível para promessa (ATP)									
<b>Programa Mestre de Produção (PMP)</b>		<b>295</b>	<b>360</b>	<b>370</b>	<b>340</b>	<b>290</b>	<b>310</b>	<b>300</b>	<b>290</b>

Fernandes e Godinho (2010), citam ainda alguns parâmetros fundamentais que influenciam o PMP (que também serão tratados no MRP):

- a) tamanho de lote: os lotes de produção servem como entrada do PMP. Os parâmetros mais utilizados são lote econômico, lote mínimo ou lote múltiplo;
- b) estoque de segurança: utilizado para absorver variações nas demandas ou suprimento. Pode ser definida como quantidade ou tempo (02 dias baseado na programação de pedidos, por exemplo);
- c) período congelado: período no qual não se alteram as ordens planejadas, protegendo a operação quanto as variações. Xie et al (2003), citam que um método frequente para evitar a instabilidade do *MRP* é o congelamento do PMP, ou seja, a construção de parâmetros para o *MRP* considerando uma demanda estável, de acordo com o período de estabilidade desejado.

### 2.5.1 A Aplicação do *Heijunka* como Nivelador da Produção

Segundo Tardin (2001), a aplicação do *Heijunka* consiste em fazer o nivelamento da produção de acordo com o pedido total do cliente, convertendo a instabilidade da demanda dos clientes em um processo de manufatura nivelado e previsível. Para Liker (2005), *Heijunka* é o ato de nivelar a variabilidade ou o volume de itens produzidos em um processo ao longo de um período de tempo. É um conceito que está relacionado a programação da produção e é a principal ferramenta aplicada para criar estabilidade na produção. Possebon (2013) cita, em um dos casos analisados, uma empresa que adota os conceitos do *Heijunka* para o nivelamento da produção, estabelecendo uma sequência de produção que se repete em todo o horizonte programado. O autor cita que a robustez do PMP, com os conceitos do *Heijunka*, permite que as demais áreas de apoio à produção (*preset*, qualidade e logística) recebam esta programação diária, com pouquíssimas alterações, realizadas pelo PPCPM. Esta estabilidade na fábrica é um dos fatores de sucesso da empresa, sendo clara e antecipada, facilitando a visualização em todas as áreas.

Para Niimi (2004), o conceito de *Heijunka* mais conhecido como nivelamento de produção, nasceu nos anos 50 diante da necessidade de encontrar uma solução para a falta de peças, desde a matéria prima até peças prontas, a qual impedia a Toyota de aumentar sua produtividade e atender à crescente demanda do mercado dos EUA pelos caminhões bélicos a serem utilizados na Guerra da Coréia.

Não existiam peças suficientes na quantidade ou tempo necessários. De fato, a Toyota não produzia quase nada durante a primeira metade do mês. As primeiras duas semanas do mês eram gastas recolhendo as peças que não chegavam em nenhuma ordem particular, para depois, na segunda metade, montar os caminhões. Então, ficou altamente perceptível que esse sistema poderia piorar muito se os níveis de produção aumentassem, e foi para superar este desafio, que o *Heijunka* foi desenvolvido.

O conceito de *Heijunka* é o nivelamento da produção em volume e combinação de produtos. Não segue a programação na ordem em que os pedidos

chegam o que pode variar de maneira drástica, mas toma o volume total de pedidos em um período e nivela-os para que a mesma quantidade e combinação sejam produzidas a cada dia. (LIKER, 2005). Ghinato (2000), define *Heijunka* como a criação de uma programação nivelada através do sequenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para corresponder à demanda no longo prazo. Dito de outra maneira, *Heijunka* é o nivelamento das quantidades e tipos de produtos. Quando não existe o nivelamento, ocorre o fenômeno da falta e sobra de atividades para os diferentes operadores de modo a existir um excesso de trabalho em determinados períodos e ociosidade em outros. Para Liker (2005), todos os sistemas produtivos objetivam entregar o que lhes foi pedido, no desejo de se tornarem bons fornecedores. Nessas condições acabam por, sem perceber incentivar a variabilidade nos materiais e nas pessoas.

Outro desperdício é o de produzir em grandes lotes para aproveitamento de *setups*, gerando o risco de a empresa não vender os produtos, tendo que deixá-los em estoque e arcar com todos os desperdícios decorrentes, além de alocar recursos como materiais e mão-de-obra em produtos que poderão ficar muito tempo em estoque. Outro ponto que deve ser considerado, já citado acima, sobre a necessidade de altos estoques de produtos acabados a fim de suprir as flutuações da demanda e manter um atendimento ao cliente. Para isso, novamente, a empresa deve destinar um capital a ser investido nos estoques de produtos acabados, aumentando assim a necessidade de ter um alto capital de giro para suprir as necessidades dos clientes.

Assim, o *Heijunka* é uma ferramenta visual usada em nivelamento para se alcançar seus propósitos. Jones (2006), lembra que o *Heijunka Box* auxilia no controle da produção de modo que o nivelamento seja atingido de forma consistente. Este tipo de ferramenta é considerado um dispositivo de gerenciamento visual, pois os painéis são ferramentas de tomada de decisão e também de comunicação e sinalização. Tardin (2001), indica que um dos pontos fortes do quadro é que a programação de produção deve ser feita no chão-de-fábrica, pelos próprios operadores, com auxílio, se necessário, de PPCPM. Estes quadros auxiliam para que as equipes trabalhem na ordem da demanda do cliente, muitas vezes

complementados com o fluxo de informação (status da produção, disponibilidade de materiais, prontidão e anormalidades) sendo uma das ferramentas de gestão visual mais conhecidas nos ambientes de Produção Enxuta.

## 2.6 TECNOLOGIA DE GRUPO

A Tecnologia de Grupo (TG) é definida como um princípio de organização aplicada a todos os domínios da empresa industrial. Este conceito passou de uma simples técnica a uma metodologia global que tenta resolver todos os problemas ligados a complexidade dos sistemas de produção atuais (tais como uma melhor automatização, uma redução do tempo de ajuste, uma padronização das ferramentas, uma redução dos ciclos de fabricação).

Conforme Groover (1980), Tecnologia de Grupo é um enfoque que procura identificar os atributos de uma população com o objetivo de coletá-los em grupos, às vezes chamados famílias. Para Burbidge (1992), é um tipo de organização fabril na qual os materiais processados são totalmente divididos entre unidades organizacionais (grupos), onde cada item completa todos os estágios de fabricação e montagem exigidos, sendo estes grupos aparelhados com todos os equipamentos e acessórios necessários à esta tarefa.

Tatikonda e Wemmerlov (1992), citam que TG é uma técnica de manufatura que advoga a simplificação e padronização de entidades similares (partes, montagens, planejamento de processo, ferramentas, instruções, etc.) com o objetivo de redução da complexidade e obtenção de efeitos de economias de escala na produção em lotes.

O sistema de produção em grandes lotes, adequado à primeira metade do século XX, tem se restringido a um número cada vez menor de setores competitivos. Além da mudança nos padrões de exigências dos consumidores, fatores como o aumento no grau de competitividade dos mercados industriais e entre as próprias nações (gerados principalmente por um aumento na capacidade de oferta de bens e serviços) e a emergência de novas tecnologias de produção passaram a exigir das

empresas atributos como tempos de fabricação curtos, baixos estoques, produtos com breves ciclos de vida e capacidade de gerenciamento de maiores variedades de componentes, produtos e máquinas (MARTIN et al, 1990).

A principal aplicação dos conceitos de Tecnologia de Grupo a nível industrial consiste, sem dúvida, na formação de células de manufatura. O atingimento dos objetivos deste sistema, maior flexibilidade, funcionalidade e racionalidade no processo, possibilita às empresas inseridas no contexto de produção de médios lotes e médias variedades a obtenção de ganhos operacionais, como redução de estoques intermediários, redução de custos de movimentações, sincronização da produção e envolvimento da mão-de-obra e estratégicos, como redução nos tempos de processamento, flexibilidade de entrega e flexibilidade de *mix*. A segmentação ou focalização de atividades em famílias de componentes, máquinas e processos é o objetivo fundamental que norteia a introdução de técnicas de TG no ambiente industrial (SILVEIRA, 1994). O autor ainda menciona como sugestão o desenvolvimento de métodos específicos para o gerenciamento de células de manufatura, especialmente os relacionados ao PPCPM, criando ou adaptando métodos de programação, sequenciamento, custeio e controle da produção, entre outros, pois um novo modelo de organização do processo produtivo tende a exigir novas práticas.

A TG possui, dentre outras pretensões, encontrar o agrupamento dos produtos a serem processados na fábrica em família de produtos, ou seja, conjunto de produtos que utilizam um mesmo grupo de máquinas para serem manufaturados e as máquinas em células de máquinas, ou seja, grupo de máquinas que processam os produtos de uma mesma família de produto, visando com isso à utilização de uma célula de máquinas por cada família de produtos. Assim tornando a ordenação das máquinas mais adequada de forma a aumentar a velocidade de manufatura (KUSIAC, 1988). O resultado deste agrupamento pode ser uma representação física ou lógica das máquinas, conforme mostra a Figura 10.

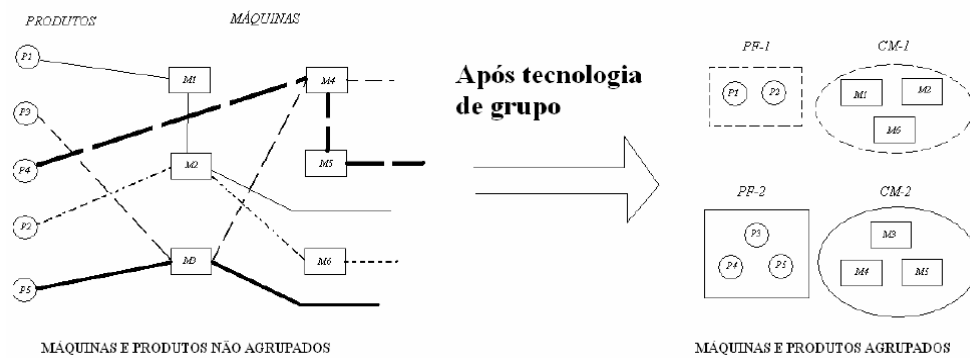


Figura 10. Aplicação da Tecnologia de Grupo.

Fonte: Kusiak (1988)

A racionalização do fluxo dos materiais reduz consideravelmente as atividades de transporte e manipulação. Em termos de custos, ganha-se em redução de sistemas de transporte, pessoal indireto dedicado a estas atividades, perdas devidas à manipulação de materiais, estoques intermediários em fase de transporte, etc. A redução da complexidade obtida com a focalização de atividades em cada célula ou conjunto de células também facilita as tarefas de sequenciamento da produção. Os problemas tratados pelas heurísticas destinadas à resolução deste problema normalmente sofrem um aumento na sua complexidade em escala exponencial, à medida que aumentam as possibilidades de combinações de máquinas x atividades. Qualquer simplificação no sentido de redução deste problema, reduzindo o número de combinações, pode ter um grande impacto na velocidade e acurácia dos resultados obtidos através da aplicação destas heurísticas (SILVEIRA, 1994).

A Toyota obteve o fluxo contínuo na produção em baixo volume, na maioria dos casos sem linhas de montagem, aprendendo a trocar rapidamente de ferramentas quando da troca da fabricação/montagem de um produto para o próximo e dimensionando corretamente a capacidade, o formato e a disposição das máquinas, para que as etapas de processamento de diferentes tipos (por exemplo: molde, pintura e montagem) pudessem ser realizadas imediatamente umas após as outras, enquanto o objeto em produção era mantido em um fluxo contínuo. Em

suma, os resultados são melhores quando se focaliza o produto e suas necessidades, e não a organização ou o equipamento, de modo que todas as atividades necessárias para se projetar, pedir e fornecer um produto ocorram em um fluxo contínuo (LINDGREN, 2001).

### **2.6.1 Formação de Famílias de Produtos Utilizando a Tecnologia de Grupo**

A primeira etapa da implantação de células de manufatura consiste na formação de famílias de componentes, através de técnicas apropriadas de TG. Além de células de manufatura, a formação de grupos de componentes serve à implantação de fábricas focalizadas, à construção de bancos de dados de projetos, à implantação de sistemas de planejamento da produção auxiliado por computador, etc. Para a formação de famílias, deve-se utilizar algum método que permita, dada a complexidade inicial dos componentes (devida às suas diversas características de processo, físicas ou estruturais), identificar nesta complexidade os elementos com maior grau de semelhança entre si, a partir de determinados fatores, gerando as famílias. Não é o objetivo deste trabalho explicar cada técnica existente para a formação das famílias de produtos.

A coleta de dados é uma fase crítica do projeto. O problema maior aqui não reside na tarefa propriamente dita de coletar os dados, mas sim na verificação e melhoria da acurácia destes e do grau que eles têm de representação da realidade. Cada técnica de formação de famílias compreende um conjunto específico de dados de entrada. Normalmente, no caso de técnicas baseadas em características de processo, os dados utilizados são de 3 fontes:

- Produtos e seus componentes (lista de materiais);
- Lista de máquinas;
- Roteiros de produção.

Adicionalmente, algumas técnicas utilizam outros dados, como tempos de processamento, tempos de preparação, custos de transporte, custos de investimento em novas máquinas, volumes de produção e características físicas (forma e

propriedade) dos componentes. A análise destes dados servirá principalmente ao ajuste do conjunto de componentes, máquinas e atividades originalmente designados a pertencer a cada célula. Alguns componentes podem ser orientados a novas células, devido a características como roteiros de produção alternativos, pertinência a outros produtos, ou ainda, lotes de produção ou volumes de produção muito acima ou abaixo do equilíbrio da célula. Algumas máquinas podem não estar disponíveis na quantidade que se desejaria, implicando em novas reformulações. Outras máquinas podem ser compartilhadas, isto é, posicionadas em locais estratégicos da planta de forma a permitir seu uso por mais de uma célula, sem que isto acarrete excessiva movimentação de materiais.

Uma técnica de agrupamento é a análise visual. Este é o método mais simples e barato de agrupamento. Consiste na observação de características visuais dos componentes, como dimensões, materiais empregados e formato, e na sua classificação conforme as similaridades e diferenças observadas em torno destas características. Por serem baseados em avaliações pessoais, muitas vezes não quantificáveis, os métodos de análise visual têm sua eficácia fortemente dependente do nível de conhecimento e experiência das pessoas envolvidas na sua consecução. Apesar de não ser um método muito preciso, um dos primeiros casos de sucesso na aplicação de TG nos Estados Unidos, na Molins Machine Co., foi baseado em métodos de análise visual. (GROOVER, 1980). Assim, pode-se concluir que a análise visual pode ser útil nos seguintes casos:

- Existência de poucos componentes a serem observados;
- As características analisadas são facilmente verificadas ou medidas;
- Deseja-se realizar um 'primeiro' agrupamento, para diminuir a complexidade inicial devido a um número muito grande de componentes;
- Os analistas mostram conhecimento sobre os componentes analisados.



## 2.7 MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP)

No início da década de 1960, muitas empresas usavam os computadores para desempenhar as funções rotineiras. Considerando a complexidade de controlar os estoques e de programar a produção, seria natural usar os recursos da informática também para administrar essas funções. Uma das pioneiras a fazer experiências nessa área foi a IBM, onde Joseph Orlicky e seus colegas desenvolveram o que veio a ser chamado de planejamento das necessidades de materiais (*Material Requirements Planning- MRP*). Desde então, o *MRP* tem sido uma importante ferramenta em quase todas as empresas que usam os computadores na administração da produção e em recursos mais abrangentes como o *MRP II*, o planejamento de recursos de negócios (*Business Resources Planning- BRP*), o sistema integrado de gestão empresarial (*Enterprise Resources Planning- ERP*) e a gestão de cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management- SCM*) (Spearman; Hopp, 2013). Para Corrêa e Gianesi (1996), o *MRP* é ideal para a empresa que tem como objetivos estratégicos prioritários o cumprimento de prazos e a redução de estoques.

O *MRP* é um sistema que calcula a programação necessárias de componentes e produtos, baseado na demanda, que pode ser adquirida do planejamento de vendas, Plano Mestre de Produção (PMP) ou automaticamente através do recebimento de programações de clientes, muitas vezes utilizando um EDI (*Electronic Data Interchange*). Isso é o oposto dos sistemas puxados de produção, como o *kanban*, que autoriza a produção assim que o estoque é consumido. O *MRP* é utilizado para coordenar os pedidos internos e externos das fábricas, sendo os externos chamados de ordem de compra e os internos de requisições. O foco principal do *MRP* está na programação das requisições e ordens de compras para atender as necessidades de materiais da demanda externa. As estruturas dos produtos são chamadas de BOM (Bill of Material).

Spearman e Hopp (2013), citam que assim que cada peça da estrutura do produto é processada, as necessidades são geradas para os níveis mais baixos. O *MRP* processa todas as peças de um determinado nível antes de iniciar o próximo.

Os principais resultados do sistema MRP são a emissão de ordens planejadas, avisos de alterações e relatórios de exceção.

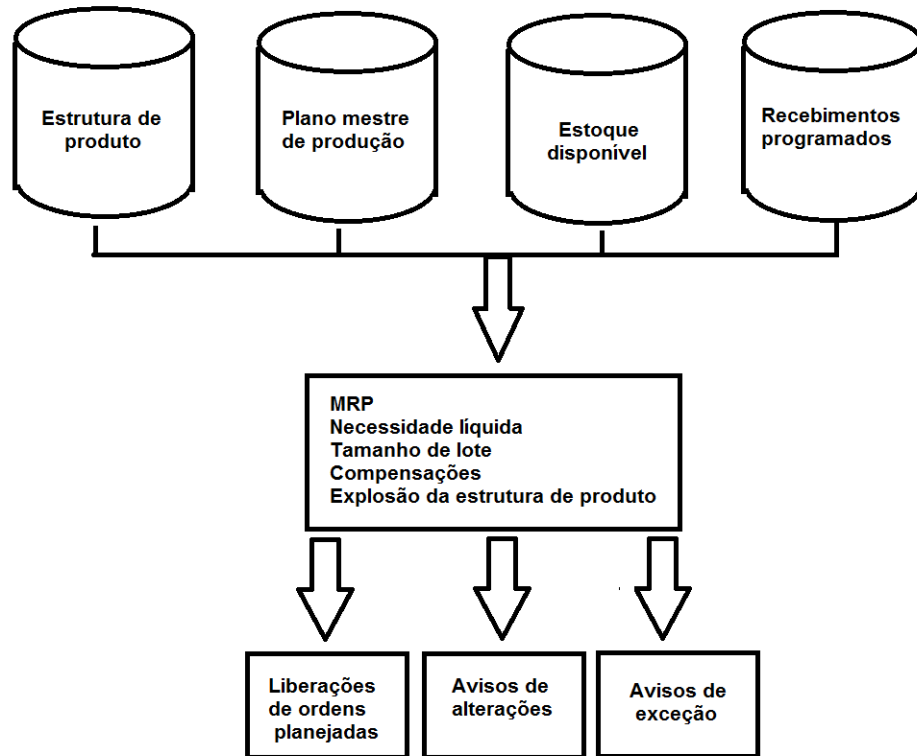


Figura 11. Esquema do MRP.

Fonte: Spearman e Hopp (2013)

### 2.7.1 Entradas do MRP

As entradas básicas do MRP são as estimativas de demandas dos produtos finais, suas estruturas de produtos, o *lead time* e a posição atual dos estoques, além de outros dados necessários para especificar as políticas de produção.

Outras duas informações necessárias para o processamento do MRP são a regra de tamanho do lote e o Planejamento do Prazo de Produção (PPP). O tamanho dos lotes das requisições balanceia as questões de *trade-off* entre reduzir os estoques (usando lotes menores) e otimizar a capacidade (usando lotes maiores

para evitar os custos de *setup* extras). O PPP é usado para determinar os tempos de início de uma requisição. No MRP, esse procedimento é simples: o início é igual à data final de entrega menos o PPP. Assim, se o *lead time* planejado for sempre idênticos aos PPPs, os resultados do *MRP* seriam peças finalizadas exatamente quando necessárias (isto é, *Just In Time*). Porém, o *lead time* real varia e ele nunca é conhecido antecipadamente (Spearman; Hopp, 2013).

Os recebimentos programados são importantes dados do *MRP*. Esse arquivo contém todas as ordens já liberadas, sejam ordens de compra ou requisições internas de produção. Um recebimento programado é uma liberação de ordem planejada que já foi realmente liberada. Para as peças compradas fora, isso envolve a emissão de uma ordem de compra para um fornecedor. Para as peças fabricadas internamente, isso envolve o recolhimento de todas as informações necessárias para a fabricação, a alocação dos estoques essenciais para a sua produção e a liberação da requisição para a fábrica. Assim que a ordem de compra ou a requisição é liberada, a liberação que estava planejada é eliminada do banco de dados programados e um recebimento programado é criado. Assim, os recebimentos programados são as requisições e as ordens resultantes de processamentos anteriores do *MRP* e que estão agora sendo processadas ou não foram ainda recebidas do fornecedor. As requisições internas que ainda não chegaram aos locais do estoque são consideradas parte do trabalho em processamento (*Work In Process - WIP*). Quando a ordem for completada, ou seja, finalizada e armazenada, o recebimento programado é eliminado da base de dados e a posição de estoques disponíveis é atualizada para refletir as quantidades produzidas. Um procedimento idêntico é seguido no caso de ser uma ordem de compra de um fornecedor.

### **2.7.2 Saídas do MRP**

As saídas de um sistema *MRP* incluem as liberações das ordens planejadas, avisos de alterações e relatórios de exceções ou as chamadas mensagens de erro.

Os avisos de alterações indicam modificações feitas nas ordens e requisições, como as alterações de datas de produção ou suas prioridades. A alteração de uma data de produção pode ser uma antecipação ou uma postergação ou requer uma tratativa específica.

Os relatórios de exceções, como em qualquer sistema de informações gerenciais, são usados para avisar os usuários de que há discrepâncias entre o desejado e o resultado real. Tais relatórios podem indicar diferenças de quantidades, discrepâncias no estoque, possíveis atrasos, etc.

### **2.7.3 O Estoque de Segurança**

Os debates sobre a função do estoque e do prazo de segurança nos sistemas MRP e os impactos destes nos atrasos ou nos estoques das empresas estão sempre em evidência.

Segundo Sperman e Hopp (2013), existem várias fontes de incertezas. Primeiro, em todos os sistemas, a não ser os baseados em produção sob encomenda, a demanda ou os seus tempos exatos não são conhecidos. Segundo, os tempos de produção quase sempre estão sujeitos a variações, por defeitos de equipamentos, problemas de qualidade, problemas com funcionários, etc. Terceiro, as quantidades de produção são incertas, porque o número de peças boas finalizadas podem ser menores do que as quantidades iniciadas, em função de perda de recebimento ou de quebras.

O estoque e a segurança em tempo na produção podem ser usados como proteção contra esses problemas. Vollmann et al. (1992), sugerem que o estoque de segurança deve proteger contra as incertezas das quantidades da produção e da demanda, enquanto o tempo de segurança deve proteger contra as incertezas dos tempos da produção e da demanda.

#### 2.7.4 As Dificuldades do MRP

Segundo Spearman e Hopp (2013), apesar do entusiasmo inicial com o MRP, vários problemas têm sido identificados. Os três mais importantes são (1) a capacidade infinita dos ativos, (2) *lead times* fixados, (segurança adicional colocada em cada etapa do processo produtivo, sem cálculo real) e (3) variação do sistema. Abaixo segue uma explanação sobre cada um deles:

- Capacidade infinita dos ativos: O modelo básico para o *MRP* é uma linha de produção com prazos fixos. Como esse prazo leva em conta o volume de trabalho da fábrica, existe uma suposição implícita de que a linha terá sempre capacidade suficiente, não importando a carga de trabalho. Em outras palavras, o *MRP* assume que todas as linhas de produção têm capacidade infinita, sem considerar a eficiência global dos equipamentos. Apesar do *MRPII* ter módulos de cálculo de capacidade estes não são restritivos, ou seja, o sistema por si só não restringe a capacidade, gerando planos e a conseqüente explosão de quantidades infinitas para a produção. Para Tempelmeier (1997), a incapacidade do sistema *MRP* em tratar problemas de capacidade e, portanto, gerar programas de produção factíveis é um dos grandes problemas do sistema *MRP*;
- *Lead times* fixos: Existem muitas pressões para alongar os prazos no planejamento do *MRP*. Como o efeito de uma entrega atrasada é mais impactante do que os custos do estoque, os agentes ligados à produção tendem a alongar e fixar os *lead times*, sem que ocorra uma medição e cálculo do *lead time* real;
- Nervosismo do sistema: O nervosismo em um sistema de *MRP* ocorre quando uma pequena alteração nas quantidades planejadas resulta em uma grande alteração na liberação de ordens planejadas. Ainda, caso o mesmo não tenha uma atualização e tratativa de erros constantes, o sistema de programação de itens e componentes pode se perder. Segundo Zhao et al. (1995), o nervosismo do *MRP* ou a instabilidade

do plano de produção são um dos maiores assuntos estudados nos últimos anos em engenharia de produção. Menores alterações no PMP podem propagar mudanças significantes no planejamento de ordens dos componentes, nos menores níveis da estrutura dos produtos. Estas modificações podem ser em datas e quantidades, ocasionado falta de peças, aumento de inventário ou interrupções na produção. Sridharan et al. (1987), mencionam que frequentes ajustes no PMP ocasionados por mudanças no *forecast*, pedidos de clientes ou plano de produção podem gerar maiores alterações no detalhamento e sequenciamento no MRP – o fenômeno chamado de nervosismo do *MRP*. Estas alterações podem aumentar os custos de inventário, bem como o nível de serviço fornecido.

Vollmann et al. (1992), recomendam o uso de regras distintas de tamanho de lotes para diferentes níveis de estrutura de produto, com quantidades fixas para os produtos finais, quantidades fixas ou lote a lote para os níveis intermediários e o período fixo para os níveis mais baixos.

Se o uso das regras apropriadas de tamanho dos lotes pode reduzir o nervosismo do sistema, outras medidas podem aliviar alguns de seus efeitos. Uma maneira óbvia é reduzir as alterações já nos dados de entrada, o que pode ser feito por meio do congelamento da parte básica do PMP. Este congelamento geralmente ocorre em um período mais curto, como sete ou quinze dias. Ainda, toda e qualquer alteração de engenharia nos produtos e processos podem alavancar o nervosismo do sistema, pois eleva a necessidade de controles de datas de implantação e saldos de itens antigos no sistema. Steele (1975), cita que o replanejamento é uma necessidade para usuários do *MRP* e o mesmo refere-se ao processo de atualização de datas de ordens e requisições de materiais devido ao reflexo de alterações que ocorreram desde a última atualização do *MRP*, incluindo mudanças no PMP, alterações nos inventários, sucateamentos, alterações de engenharia, parada de máquinas ou mudanças no *lead time* de produção e/ou estoques de segurança.

### 2.7.5 MRP II e o Plano Mestre de Produção (PMP)

O planejamento das necessidades de materiais (*MRP*) descrito até aqui ofereceu um método sistemático de planejamento e de compra de materiais para dar suporte à produção. As ideias eram relativamente simples e fáceis de serem implementadas no computador. Porém, restaram alguns problemas.

Como já mencionado, problemas como a inviabilidade de capacidade, *lead times* planejados longos, nervosismo do sistema e outros podem subverter a eficácia de um sistema de *MRP*. Ao longo do tempo, foram desenvolvidos outros procedimentos para solucionar alguns desses problemas, que foram incorporados em um sistema mais abrangente, chamado de Planejamento de Recursos de produção (Manufacturing Resources Planning-*MRP II*).

O planejamento no *MRP* é dividido em longo prazo, médio prazo e curto prazo, conforme Figura 12.

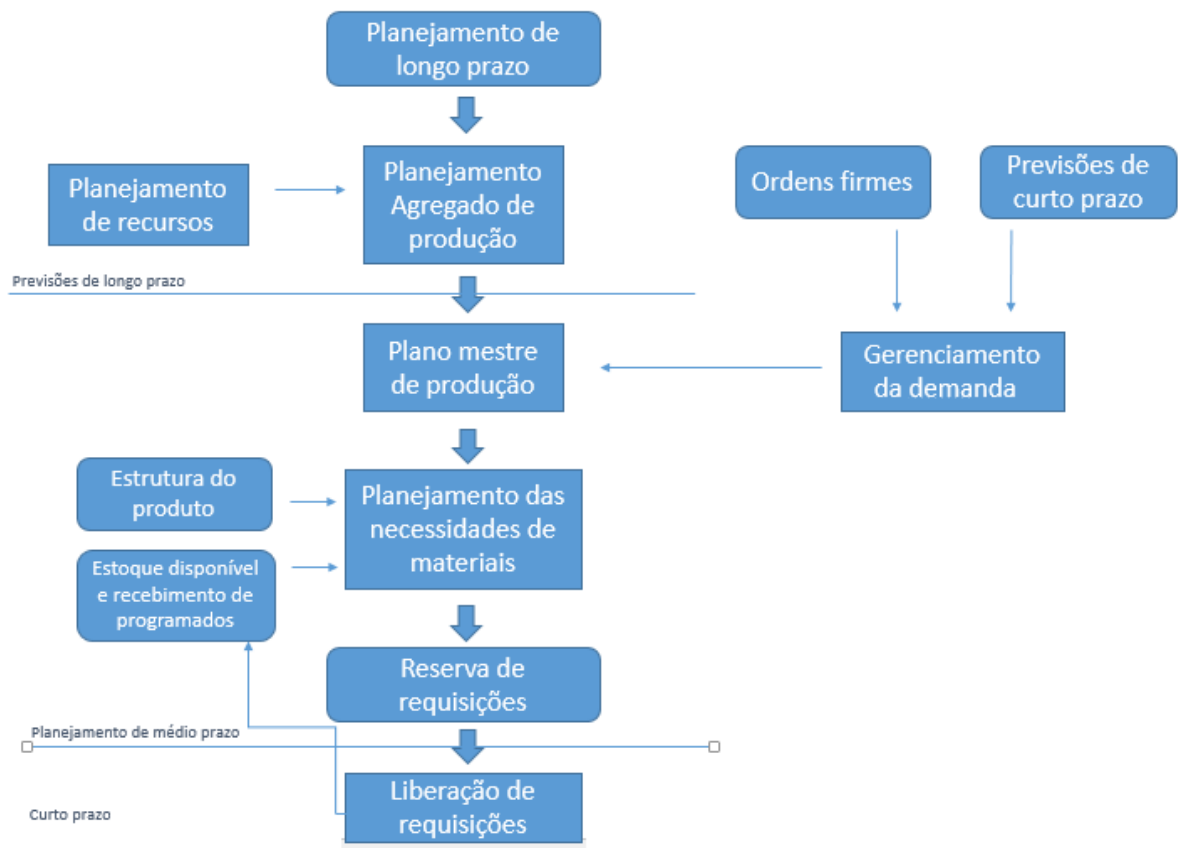


Figura 12. Hierarquia do MRP.

Fonte: Adaptado de Spearman e Hopp (2013)

A duração do horizonte de tempo do planejamento de longo prazo varia de 6 meses a 5 anos. A frequência de planejamento varia de uma vez por mês a uma vez por ano. A função das previsões (*forecasting*) tem o objetivo de prever a demanda futura. A previsão de longo prazo é importante para determinar a capacidade, as necessidades de ferramentas e de pessoal. Para Xie et al. (2003), em ambientes com demanda incerta e restrições de capacidade, aumentos no horizonte de planejamento levam à diminuição dos custos e aumento nos níveis de serviço, porém aumentam a instabilidade do sistema. Portanto, é necessário que haja uma análise do *trade off* entre custos e nível de serviço e instabilidade no sistema na determinação do horizonte de planejamento.



O planejamento de recursos é o processo de determinação das necessidades de capacidade de longo prazo. Decisões como construir uma nova fábrica ou expandir a existente são parte da função do planejamento de capacidade.

No nível intermediário, encontra-se a maior parte das funções do planejamento da produção. Elas incluem o gerenciamento da demanda, o planejamento grosseiro da capacidade, o plano mestre de produção, o planejamento das necessidades de materiais e o planejamento das necessidades de capacidade. Porém, o MRP, mesmo tendo uma ferramenta para a avaliação da capacidade dos ativos, apresenta uma deficiência em relação à permissão da alocação de ordens em ativos com capacidade comprometida, o que pode fazer com que a ferramenta utilizada não mostre as reais deficiências de capacidade e ainda permita a inserção de ordens acima da capacidade real dos equipamentos, fazendo com que a programação da fábrica se torne deficitária.

O PMP toma a previsão da demanda junto às ordens firmes do módulo de gerenciamento da demanda e gera uma programação prévia ao nível mais alto dos detalhes do planejamento. Essas são as “demandas” (código da peça, quantidade e data final) utilizadas pelo MRP. Assim, o PMP contém uma quantidade de ordens em cada período de tempo para cada item com demanda independente, para cada data. Para a maioria das fábricas, isso é dado no nível dos itens finais. Smith (1978) cita que a falta de suporte apropriado para gestores para a elaboração de um bom PMP e uma programação fina é uma das principais fraquezas do *MRP* e, provavelmente, a maior fonte de decepção do desempenho destes sistemas.

O planejamento de curto prazo controla a liberação das ordens de produção e requisições, para que se cumpra o planejado. Ainda controla estoques de item a item e a entrada de saldos de ordens finalizadas.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa científica tem por objetivo contribuir para o avanço do conhecimento humano de forma estruturada com o devido rigor metodológico. Para que isso ocorra, torna-se necessário a adoção de procedimentos que buscam estes novos conhecimentos e não a simples reprodução de um conhecimento já existente. Para que o conhecimento produzido seja considerado confiável, a pesquisa precisa se sustentar em métodos e critérios considerados adequados para a comunidade científica para a qual o trabalho está sendo endereçado (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2012). Para Gil (2010), a pesquisa é um procedimento racional e sistemático cujo objetivo é formular respostas aos problemas propostos.

Kourganoff (1990), esclarece que pesquisa é o conjunto de investigações, operações e trabalhos intelectuais ou práticos que tenham como objetivo a descoberta de novos conhecimentos, a invenção de novas técnicas e a exploração ou a criação de novas realidades. Vaishnavi e Kuechler (2007) definem pesquisa como uma atividade que contribui para o entendimento de um fenômeno. Os autores definem *fenômeno* como um conjunto de comportamentos de alguma(s) entidade(s) que são considerados interessantes pelo investigador ou por um grupo, e como sendo o conhecimento que permite a previsão do comportamento de alguns aspectos do fenômeno. Segundo Dresch et al (2015), a pesquisa pode ser definida como uma investigação sistemática, cujo objetivo é desenvolver e refinar teorias ou, em alguns casos, resolver problemas. Na área de gestão, as pesquisas possuem característica aplicada, ou seja, têm como enfoque principal a resolução de problemas ou o projeto e construção de artefatos que apoiem as organizações a superar restrições que limitam o atingimento de seus objetivos.

Segundo Ferrari (1982), na ciência, os métodos constituem os instrumentos básicos que ordenam, de início, o pensamento em sistemas, traçam de modo ordenado a forma de proceder do cientista ao longo de um percurso para alcançar certo objetivo preestabelecido. Em síntese, é possível afirmar que os métodos são os meios formais utilizados para se atingir determinado resultado. Dessa forma,

pode-se concluir que todo método deve gerar resultados a partir da sua aplicação. Neste sentido, Falconi (2009) propugna que o método pode ser entendido como o ‘caminho para o resultado’ ou uma ‘sequência de ações necessárias para se atingir certo resultado desejado’. Neste sentido, é um conjunto de passos lógicos para se alcançar um objetivo ou situação futura a partir de uma situação atual. Segundo Dresch et al (2015), a definição de um método de pesquisa ajuda o pesquisador a garantir que sua investigação irá de fato resolver o problema de pesquisa.

Este capítulo visa apresentar uma visão geral sobre o método e as estratégias de pesquisa, enfatizando as questões ligadas ao *Design Science Research*. São descritos os elementos do processo decisório que devem levar o pesquisador a optar por uma ou por outra estratégia de pesquisa em função da característica dos fenômenos a serem estudados. Além disso, serão apresentados os passos adotados como método de trabalho específico desta dissertação no sentido de alcançar os objetivos inicialmente propostos.

### 3.1 MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa se insere no contexto da gestão de operações, buscando elaborar um artefato para equacionar um problema real. Vaishnavi e Kuechler (2007), definem a DSR como um conjunto de técnicas e perspectivas – que complementam as perspectivas positivista e fenomenologista – para realizar determinada pesquisa. Para os mesmos autores, a DSR envolve a análise da utilização e o desenvolvimento de artefatos para entender, explicar e, frequentemente, melhorar o comportamento de aspectos do fenômeno estudado. Segundo Van Aken (2005), o objetivo do *DSR* é desenvolver conhecimento que possa ser usado por profissionais em seu campo de atuação para resolver problemas.

Manson (2006), resume *DSR* como um processo de utilização de conhecimento para o desenvolvimento e geração de artefatos e, a partir de métodos rigorosos, analisar os motivos pelos quais um artefato específico é ou não efetivo para responder à questão de pesquisa proposta. Nesse processo de análise, é

gerado o conhecimento, que contribui para o corpo de conhecimentos da disciplina em cena. Manson (2006), complementa argumentando que o *DSR* estuda fenômenos que são mais artificiais do que naturais e é mais prescritivo do que descritivo, buscando formas melhores e mais adequadas de executar as ações necessárias. Com isso, o pesquisador aprende com os fatos e os entende a partir de um processo de construção e análise crítica do artefato. Segundo Dresch et al (2015), a *DSR* é o método que fundamenta e operacionaliza a condução da pesquisa quando o objetivo a ser alcançado é um artefato ou prescrição. Além dos métodos científicos tradicionalmente adotados em pesquisas, como o dedutivo e o indutivo, a *DSR* utiliza o método abduutivo, que trata do estudo de fatos e a proposição de uma teoria para explicá-los (DRESCH et al, 2015).

A partir desse entendimento, o método denominado *DSR* vem sendo inserido no ambiente de pesquisa da Engenharia de Produção. Como esta dissertação tem o intuito da criação de um método aplicado ao PMP (criação e validação de um artefato), o método de pesquisa adotado para a elaboração do trabalho será o *DSR*. Ainda, possui um caráter prescritivo, ao contrário de trabalhos similares publicados, que possuem um direcionamento mais exploratório, com análise de testes com variáveis pré-definidas. A intenção do método é que possua uma sequência de passos que possa ser reproduzida. Hevner et al. (2004), propõe orientações para a aplicação do *DSR*, conforme Quadro 8.

### Quadro 8. Orientações para a Aplicação da DSR

Fonte: Hevner et al. (2004)

1 – Design como um artefato	• As pesquisas desenvolvidas com a design science research precisam produzir artefatos viáveis em forma de um constructo, modelo, método ou instanciamento
2 – Relevância do problema	• O Objetivo da design science research é desenvolver soluções para resolver problemas importantes e relevantes para as organizações
3 – Avaliação do <i>design</i>	• A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser rigorosamente demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados
4 – Contribuições da pesquisa	• Uma pesquisa conduzida pela design science research provê contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas para as quais o artefato foi desenvolvido
5 – Rigor da pesquisa	• Pesquisa baseada em uma aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção quanto na avaliação dos artefatos
6 – <i>Design</i> como processo de pesquisa	• A busca por um artefato efetivo exige a utilização de meios que estejam disponíveis para alcançar os fins desejados e, ao mesmo tempo, satisfazer as leis que regem o ambiente no qual o problema está sendo estudado
7 – Comunicação da pesquisa	• A pesquisa precisa ser apresentada tanto para todos os públicos que podem se beneficiar e seus resultados

### 3.2 TÉCNICA DE PESQUISA - GRUPO FOCAL

O grupo focal é adotado com o objetivo de entender como as pessoas consideram uma experiência, uma ideia ou evento. É uma avaliação qualitativa, não diretiva, que coleta dados por meio das interações grupais ao se discutir um tópico sugerido pelo pesquisador. O foco de análise é a interação dentro do grupo (REDMOND, 2009). A ideia central é que os participantes influenciem uns aos outros pelas respostas às ideias e colocações durante a discussão. Os dados fundamentais

são transcritos das reuniões e acrescidos de observações do moderador do Grupo Focal ou de outros participantes. (OLIVEIRA, 1997).

Segundo Redmond (2009), o Grupo Focal é recomendado para:

- obter informações teóricas gerais sobre um tema de interesse;
- gerar hipóteses de investigação que podem ser testadas em estudos quantitativos;
- estimular novas ideias e conceitos;
- identificar os problemas potenciais de um novo programa ou serviço;
- gerar impressões de serviços, programas ou produtos;
- aprender como os participantes falam sobre o tema de interesse e de que modo podem ajudar na concepção e construção de instrumentos de pesquisa, tais como questionários;
- ajudar com a interpretação de resultados quantitativos obtidos anteriormente.

A operacionalização do Grupo Focal pode ser feita em três etapas: planejamento, condução das entrevistas e análise dos dados. Segundo Oliveira (1997), em cada uma dessas etapas, existem alguns pontos a serem considerados:

a) Planejamento:

- quantidade e tamanho dos grupos: é recomendável que os grupos tenham entre 6 e 10 participantes;
- participantes: os participantes devem dar contribuições para a pesquisa sem nenhum desconforto com a presença ou a opinião dos demais participantes;
- nível de envolvimento do moderador: o baixo envolvimento é importante quando os objetivos da pesquisa são predominantemente exploratórios e incluem análise de conteúdo. Já, quando a agenda a ser cumprida é grande, é preciso maior envolvimento do moderador.

De qualquer forma, é preciso trabalhar essa questão do envolvimento para evitar que o viés do moderador influencie no resultado da análise;

- coleta de dados: as reuniões devem ser gravadas para registro dos dados. Além disso, o moderador e seu assistente (observador) devem fazer anotações acerca de suas impressões durante a reunião;

b) Condução das entrevistas:

No que tange a qualidade das questões formuladas e a habilidade do moderador, são fatores importantes para o sucesso das entrevistas;

c) Análise dos dados obtidos:

Deve-se considerar as palavras e os seus significados; o contexto em que foram colocadas as ideias; a consistência interna, a frequência e a extensão dos comentários; a especificidade das respostas; e a importância de identificar as grandes ideias

### 3.3 MÉTODO DE TRABALHO

Este capítulo apresenta a sequência de passos lógicos adotados, para a busca do atingimento dos objetivos propostos. Um método de trabalho bem definido possibilita maior clareza e transparência quanto à condução da pesquisa, o que permite que a sua validade seja reconhecida por outros pesquisadores (DRESCH et al, 2015). A Figura 13 apresenta as etapas gerais da *DSR*, conforme proposto por Dresch et al, (2015).

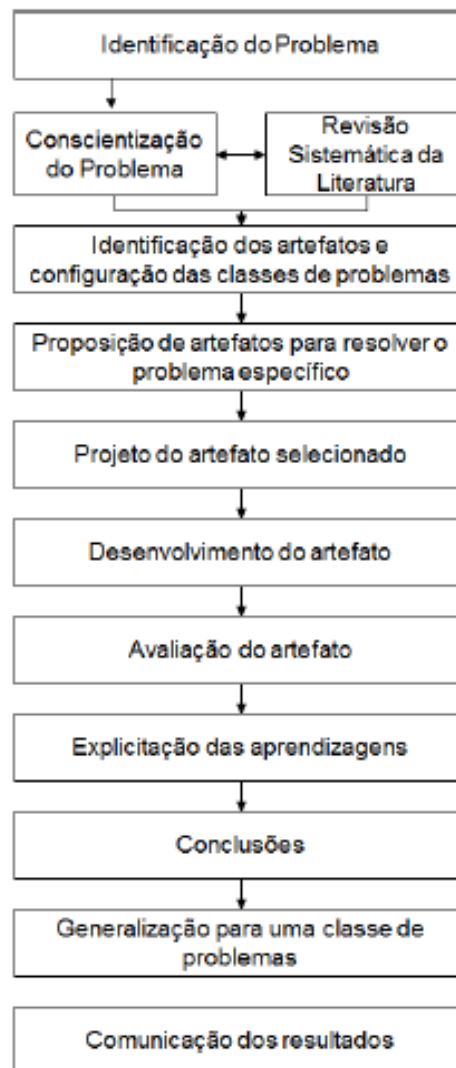


Figura 13. Etapas da DSR.  
Fonte: Dresch et al (2015).

Esta pesquisa seguiu as etapas gerais sugeridas na Figura 13, com a adaptação para este estudo em particular. Na Figura 14, são sintetizadas as etapas da *DSR*, como a etapa foi realizada nesta pesquisa e as saídas de cada etapa.



ETAPAS DA DSR	MÉTODO DE TRABALHO	SAÍDAS
Identificação e conscientização do problema	Identificação do problema, com foco na lacuna da não existência de um método para elaboração do plano mestre de produção em indústrias e explicitação dos objetivos da pesquisa	São explicitados o Problema de pesquisa (capítulo 1.2) e objetivos da pesquisa (capítulo 1.3).
Revisão Sistemática da Literatura	Revisão Sistemática da Literatura (RSL)	Justificativa acadêmica (capítulo 1.1.1), justificativa empresarial (capítulo 1.1.2) e referencial teórico (capítulo 2).
identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas	Definição e explicitação de técnicas, ferramentas e referenciais de base para o projeto. Encontrado um artefato similar, conforme Figura 5 apresentada no Capítulo 2.1, porém com premissas de testes definidas e <i>gaps</i> conforme citado no mesmo capítulo.	Justificativa acadêmica (capítulo 1.1.1), com foco no Quadro 2 apresentado e referencial teórico (capítulo 2).
Proposição de artefatos para resolver o problema específico	Proposição do método inicial	Descrição do método na versão M0, conforme capítulo 4.
Projeto e desenvolvimento do artefato selecionado	Construção do método	Detalhamento da elaboração do método M0 proposto e descrição dos passos lógicos para aplicação do mesmo, conforme capítulo 4.
Avaliação do artefato	Aplicação piloto em uma empresa do ramo metalmeccânica	Artefato instanciado e aplicado em uma empresa, conforme capítulo 5. Apresentação das melhorias identificadas e método revisado, conforme versão M1.
Avaliação do artefato	Avaliação pelo grupo de especialistas	Avaliação com a técnica do grupo focal, conforme apresentado no capítulo 6. Revisão do método conforme versão M1, apresentado no capítulo 6.
Explicitação das aprendizagens e conclusões	Apresentação dos resultados obtidos, conclusões e possibilidades de trabalhos futuros	Resultados obtidos, conclusões e sugestões para trabalhos futuros, conforme capítulo 7.
Comunicação dos resultados	Entrega e defesa da dissertação	Dissertação entregue e defendida.

Figura 14. Método de Trabalho.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir é apresentado uma descrição de cada um dos passos adotados para a realização do trabalho:

- a) **Identificação e conscientização do problema:** De acordo com Dresch et al (2015), a conscientização do problema é definida como a etapa para o pleno entendimento da questão a ser pesquisada. Romme (2003), argumenta que pode ser necessário entender os problemas de uma perspectiva mais ampla, na qual, por exemplo, o pensamento sistêmico, poderia trazer uma contribuição relevante. A partir da análise preliminar da literatura e da

realidade da empresa estudada, surgiu a motivação para a realização desta pesquisa, apresentados nos Capítulos 1.2 e 1.3. Ressalta-se a lacuna da existência de um artefato para a elaboração do PMP, principalmente em empresas com grande diversidade de produtos e componentes, o que possibilita que seja entendido como um conjunto de diversos “negócios dentro do negócio” e/ou “fábricas dentro da fábrica” (SKINNER, 1974). A pesquisa inclui esta segmentação dos produtos, na busca por diferentes estratégias e a gestão da firma, com o uso do método proposto.

- b) **Revisão Sistemática da Literatura (RSL):** Investigar os estudos realizados e levar em consideração as pesquisas existentes ajuda o pesquisador a construir o seu artefato e justificar a sua importância. (DRESCH et al, 2015). Esta segunda etapa baseia-se na RSL, com a coleta de dados bibliográficos, base para elaboração dos capítulos 1.1, 1.2 e o capítulo 2, com o referencial teórico completo. Foram consultadas as bases *Ebscohost*, *Scopus*, *Science Direct* e *Google Academics*. Tal investigação é fundamental na busca por publicações e artefatos similares ao proposto, além do detalhamento de conceitos apresentados no capítulo 2, como, por exemplo, PMP, PHP, Capacidade e Demanda, *Heijunka* e *MRP*.
- c) **Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas:** Dresch et al (2015), reconhecem que esta etapa visa identificar na literatura, nos artefatos existentes, alguma relação com o tema de pesquisa e salientam que existe a possibilidade do autor se deparar com um artefato pronto e ideal que responda a sua questão de pesquisa. Neste caso, recomenda-se que o novo artefato apresente melhores soluções mais eficazes que o artefato existente. A Revisão Sistemática da Literatura (RSL), serviu de base para a elaboração da justificativa acadêmica e para a fundamentação do problema de pesquisa, onde citam-se os principais trabalhos relacionados ao PHP e PMP, como os impactos no MRP no uso de regras de dimensionamento do tamanho de lote (ZHAO et al., 1995; LEE e EVERETT, 1986; DAUZÉRE-PÉRÉS e LASSERE, 2002) e os horizontes de congelamento do PMP (SRIDHARAN et

al. 1987; YEUNG et al., 2003; LIN et al., 1994). Porém observou-se que a maioria dos resultados encontrados estão voltados para testes de heurísticas pré-determinadas e/ou avaliação de cenários sem considerar as restrições de capacidade (OMAR e BENNELL, 2009) ou variações de demanda. Conforme relatado no capítulo 2.1, Meybodey e Foote (1995), apresentaram um artefato similar ao proposto neste trabalho. Contudo, possuía uma heurística baseada em pontos pelos menos conflitantes, como a otimização dos níveis de serviço e a redução dos inventários e os custos produtivos, permanecendo a lacuna explicitada no problema de pesquisa. Ainda, o Capítulo 2 apresenta uma revisão geral sobre os conceitos e teorias para apoiar a o desenvolvimento do artefato, além de adaptações necessárias para utilização em empresas industriais, principalmente voltada à grande variedade de produtos e a divisão em famílias dos produtos e para a utilização do IROG para a determinação e cálculo da capacidade;

- d) **Proposição de artefatos para resolver o problema específico:** esta etapa incluiu a discussão sobre a formatação do artefato, com a conscientização das etapas necessárias para o objetivo proposto. Após finalizadas as etapas anteriores, o pesquisador iniciou a etapa de proposição de um novo método, unindo e analisando em profundidade os conhecimentos já disponíveis, com seu próprio conhecimento e a sua criatividade (DRESCH et al, 2015). A base formada pela RSL e do conhecimento em relação às necessidades da empresa estudada foram fundamentais para a proposição inicial do artefato, que será apresentado no Capítulo 4.
- e) **Projeto e desenvolvimento do artefato selecionado:** Nesta etapa, um único artefato deve estar selecionado no intuito de que ele possa percorrer as etapas que sucedem (DRESCH et al, 2015). Visando o atendimento do objetivo de pesquisa, o projeto e desenvolvimento do artefato consideraram todo o conhecimento disponível que foi explicitado nos passos anteriores. O capítulo 4 descreve todo o desenvolvimento do artefato, com o detalhamento

de cada passo necessário, com um fluxo mais claro de informações, apresentando a versão M0 do método.

**f) Avaliação do artefato:** esta etapa objetiva avaliar o comportamento do artefato, ou seja, visa verificar se ele satisfaz os objetivos propostos para chegar a solução satisfatória do problema. Caso sejam apresentadas falhas a pesquisa deve ser reiniciada na etapa em questão (DRESCH et al, 2015). Esta etapa foi dividida em duas partes: o teste em ambiente real e a avaliação pelo grupo de especialistas selecionado.

O método proposto foi testado, primeiramente, em um ambiente real, em uma empresa do ramo metalmeccânico do Rio Grande do Sul, com foco na produção de produtos estampados, (empresa descrita no capítulo 5), para analisar seu desempenho, comparando com as expectativas geradas nas etapas de projeto. Esta empresa possui uma significativa variedade de produtos e processos na área de estamparia, para atender a diferentes segmentos de mercado, a saber: i) agrícola; ii) rodoviário; iii) automotivo; iv) construção. O artefato foi instanciado no segmento de produtos automotivos. Após esta testagem e a coleta de dados para seu refinamento, é apresentado no capítulo 5, a versão M1 do método proposto.

**g) Avaliação do artefato por especialistas:** Após a elaboração da versão M1 do artefato, um grupo de especialistas realizou a avaliação do método proposto, conforme apresentado no capítulo 6. A técnica da coleta de dados foi o Grupo focal: buscou-se comprovar a aderência do método proposto aos objetivos da pesquisa e buscar melhorias para o mesmo. Tremblay et al (2010), entendem que o grupo focal é adequado tanto para refinar como para avaliar o artefato e que o grupo deve ser homogêneo, para permitir a discussão em profundidade. O grupo focal foi realizado com 07 participantes, com a presença adicional do professor orientador da pesquisa. A escolha dos nomes se deu pelo contato já existente entre o autor/orientador e os selecionados e ainda o conhecimento reconhecido e profundo dos mesmos na

área de Gestão de Operações, em geral e de PPCPM, em particular. O Quadro 9 apresenta o perfil dos participantes.

Quadro 9. Perfil dos Profissionais Participantes do Grupo Focal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Participante	Descrição do perfil
Profissional 1	Mestre em Engenharia da Produção e Sistemas pela Unisinos. Sócio-Consultor da Prodttare e Professor dos cursos de Engenharia da Produção e Gestão da Produção da FEEVALE. Especialista em PPCPM, Ciência de Dados e Gestão de Operações.
Profissional 2	Mestre em Administração pela Unisinos. Sócio-Consultor na Prodttare. Experiência em docência na Unisinos, Instituto Gaúcho de Estudos Automotivos, entre outros. Atua em projetos na área de PPCPM, GPT e Sistemas de Gestão da Produção
Profissional 3	Doutorando em Engenharia da Produção e Sistemas na Unisinos. Sócio-Consultor da Opperatio Consultoria. Professor nos cursos de Logística, Gestão da Manutenção, Engenharia da Produção e Engenharia Mecânica na FEEVALE.
Profissional 4	Mestre em Administração pela Unisinos. Experiência em empresas nas áreas de Manufatura, Operações e Fluxo Produtivo. Experiência na Implantação de de programas de fabricação e planejamento, aumento da produtividade e capacidade de entregas.
Profissional 5	Doutora em Engenharia da Produção pela UFSC. Mestre em Engenharia da Produção e Sistemas pela Unisinos. Professora dos cursos de graduação em Engenharia da Produção e Sistemas e Gestão da Produção Industrial. Atuou como pesquisadora do Grupo de Pesquisa em Modelagem para Aprendizagem - GMAP/Unisinos.
Profissional 6	Mestre em Engenharia da Produção pela Unisinos. Especialização em Gestão de Projetos na FGV e Especialização em Banco de Dados na ULBRA. Consultor em sistemas MES.
Profissional 7	Doutor em Sistemas da Produção pela COPPE/UFRJ. Mestre em Engenharia da Produção pela UFRGS. Instrutor e Consultor em empresas na área de Estratégia de Operações, PPCPM, Gestão de Programas e Projetos. Professor em cursos de Especialização e Extensão nas áreas de PPCP, Logística, entre outras.

Os participantes receberam, antecipadamente, um arquivo com uma breve apresentação e descrição do artefato na sua versão M1, conforme Anexo I. Com isso, já poderiam preparar comentários, sugestões e críticas. O evento foi realizado de forma virtual com a adoção do *software Microsoft Teams*, com duração aproximada de duas horas. Para dar início a avaliação, uma breve apresentação de 20 minutos foi feita pelo autor, sobre a aplicação do método. Em seguida, cada participante do grupo focal contribuiu com sua avaliação e comentários para melhoria do artefato. Todo o processo foi realizado em uma videoconferência gravada, conforme mencionado no capítulo 6. A partir das interpretações e síntese das respostas dos participantes na conferência

realizada, as sugestões de melhoria foram sintetizadas, visando o refinamento do método, finalizando com a versão M2 do artefato.

- h) **Explicitação das aprendizagens e conclusões:** Nos termos de Dresch et al (2015), a explicitação das aprendizagens e conclusão é a etapa em que o autor evidencia os pontos de sucesso e insucesso da pesquisa. O capítulo 7 apresenta uma análise crítica dos fatos, com os pontos de sucesso e insucesso, com a avaliação se a pesquisa conseguiu responder à pergunta inicial proposta neste trabalho, além dos objetivos. Esta etapa ainda incluiu a sugestão para trabalhos futuros e demais contribuições identificadas.
- i) **Comunicação dos resultados:** esta última etapa consistiu na entrega e defesa da dissertação, para que o conhecimento gerado possa ser divulgado e ampliado.

## 4 MÉTODO PARA ELABORAÇÃO DO PMP

Este capítulo contempla o método para elaboração do PMP, em empresas do setor metalmeccânico, em ambientes caracterizados por um elevado número de produtos e componentes. O capítulo apresenta a proposição do método em sua primeira versão intitulada de M0, ilustrando as fases e passos lógicos que o compõe. A seguir é apresentada a descrição de cada etapa do artefato na versão M0.

### 4.1 PROPOSIÇÃO DO MÉTODO INICIAL – M0

A construção do artefato em sua versão M0 levou em consideração os conceitos apresentados no Capítulo 2. A RSL lançou as bases para a construção do artefato, proporcionando o conhecimento de conceitos e trabalhos similares voltados à elaboração do Plano Mestre de Produção (PMP) e à criação de passos lógicos de um Planejamento Hierárquico da Produção (PHP). Meybodey e Foote (1995), propuseram um método de PHP que mais se aproxima desta proposta, porém com claras restrições, conforme apresentado no capítulo 2.1 e sem a aplicação do mesmo em ambiente real, testando apenas heurísticas de programação, isoladamente, para verificação do funcionamento dos modelos criados para cada etapa do artefato.

O método M0 proposto tem caráter prescritivo, voltado para o ambiente produtivo, com um passo a passo para que possa ser reproduzido. Conforme descrito no objetivo do trabalho, destaca-se a aplicação deste método em ambiente real, com problemas como o de baixa eficiência de máquinas, possíveis quebra de máquinas, oscilações de demanda e significativa variedade de produtos e componentes.

O artefato elaborado é apresentado na Figura 15. Em seguida, detalha-se cada passo do método.

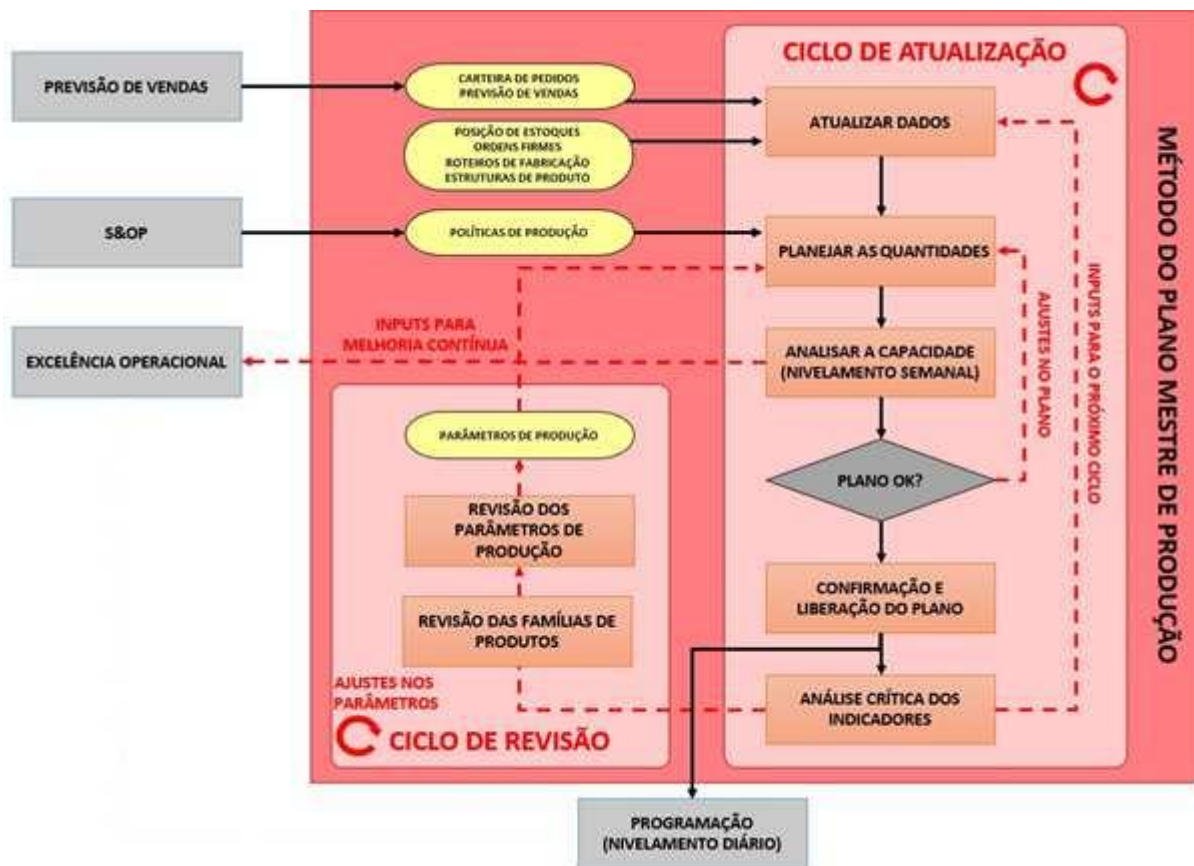


Figura 15. Método para Elaboração do PMP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 Descrição dos passos lógicos do método proposto

O método proposto está dividido em 03 partes principais, a saber: i) previsão de vendas e S&OP, como entrada de informações; ii) ciclo de atualização, que possui uma maior frequência (normalmente semanal) para planejamento e confirmação do plano de produção; iii) ciclo de revisão, que ocorre em uma frequência menor (normalmente trimestral), quando ocorrem mudanças significativas em demandas de produtos ou quando, por exemplo, há uma entrada de itens novos, para revisão das famílias de produtos e revisão dos parâmetros de produção. A seguir, cada uma das etapas será detalhada, com a apresentação das técnicas e



ferramentas utilizadas, além de uma explanação sobre os ciclos de atualização e revisão.

#### 4.2.1 Previsão de Vendas

A formulação da previsão de vendas depende, primeiramente, do mercado em que a empresa está inserida. Mercados automotivos, por exemplo, utilizam formas de envio de programação direta ao fornecedor. Já mercados de distribuição ou vendas diretas a consumidores finais, trabalham com outros meios para provisionamento de vendas, como histórico de vendas, percentual de mercado, entre outras.

Para empresas que atuam no mercado automotivo e alguns outros segmentos como caminhões, máquinas agrícolas, máquinas de construção, eletrodomésticos, entre outros) o formato de estrutura padrão de dados mais utilizada para a comunicação da programação dos pedidos de compras e cenário (*Forecast*) é o *EDI: Eletronic Data Interchange*. Normalmente, estas programações possuem uma visão do período firme e um *forecast* de 06 a 12 meses. Conforme Pitaluga et al (2014), as principais vantagens deste formato de comunicação da programação são a agilidade para atualização e processamento dos dados recebidos, redução de erros ocorridos por lançamentos manuais e a análise da programação na recepção de um novo arquivo. Desta forma, é possível estabelecer o confronto entre o período firme e as programações anteriores recebidas, analisando cortes, incrementos e percentuais de variação. Pode-se utilizar puramente esta visão enviada pelos clientes, como também uma avaliação ou refinamento dos dados, principalmente no longo prazo, quando se conhece que esta visão do cliente possui um viés muito positivo ou muito negativo. A noção perseguida aqui consiste em refinar a expectativa de vendas pela área comercial/planejamento para um cenário mais realista. Uma visão crítica de cada um dos clientes, tendo em vista seu comportamento histórico e sistemático, torna-se fundamental para este refinamento da expectativa de vendas. A Figura 16 mostra um exemplo de programação do setor automotivo.

**Programa Líquido**

Cliente: FORD Programa: Firme Data: a partir de 29/09/2007

Unid. Negócio: USIPA

Fábrica: 49

Local Entrega: 49

Tipo Fornec.: E

Classificação: (T000S)

Item Específico:

Cliente	Unid. Neg.	Item Cliente	Item Empresa	Data
FORD	USIPA	85HU19B549A	2555.0290	07/05/2012
FORD	USIPA	9C457000124AA		04/01/2010
FORD	USIPA	9C457011000BA	3155.3040	07/05/2012
FORD	USIPA	9C457011000CA	3155.4020	07/05/2012
FORD	USIPA	9C4570113B59AA		01/03/2011

Tipo Fornec.: E Fábrica: 49  
Ped. Compra: 9066140 Local Entrega: 49

Dados do Programa (PE)  
Programa: 7851 Data: 06/05/2012 Unid. Medida: P  
NF/ASN Corte: 178669-1 | NF/ASN Origem: 178669 (VALIDADA) | Data: 05/05/2012

Calcular Programa Líquido

PE  MixPEPD  Janela Entrega

Entregas Previstas			
Data	Qtde. Prog.	Qtde. Líq.	Tipo
14/05/2012	24	0	Semanal
21/05/2012	36	24	Semanal
28/05/2012	76	76	Semanal
11/06/2012	28	28	Semanal
18/06/2012	40	40	Semanal
25/06/2012	76	76	Semanal

Entregas Posteriores		
Data Ent.	NF/ASN	Quantidade
09/05/2012	179077-1	4
10/05/2012	179243-1	12
11/05/2012	179386-1	20

Figura 16. Análise de uma Programação Diária do Setor Automotivo.

Fonte: Pitaluga et al (2014).

Para empresas que não trabalham com estas programações semanais, torna-se necessária a elaboração de uma previsão de vendas a partir dos cenários elaborados pelas áreas responsáveis. Normalmente, estes cenários contemplam a sazonalidade dos produtos, crescimento ou declínio de concorrentes, expectativas do mercado, influência da variação cambial, histórico de vendas, se há preferência pela venda de produtos mais rentáveis ou lançamento de produtos, construção de cenários (otimista, realista e pessimista) e se existem alguma diferença de vendas para cada segmento de mercado em que a empresa atua. Existem ferramentas específicas que auxiliam na montagem da previsão de vendas dos produtos. Porém, não é objetivo deste trabalho detalhar estas ferramentas.

Esta previsão de vendas deverá ser validada com a alta direção, de acordo com a frequência de atualização da mesma e, geralmente, deve possuir uma visão de pelo menos de 06 a 12 meses.

#### 4.2.2 S&OP e Políticas

O *S&OP* (*Sales and Operations Planning*), promove a ligação entre a estratégia de negócio com as decisões nos campos táticos e operacionais. De acordo com Corrêa et al. (2006), o *S&OP* é um processo estruturado de planejamento de vendas e operações que permite, através de atividades sequenciadas e da integração de diversos setores da empresa, obter consenso sobre as necessidades de produção em um horizonte de planejamento pré-definido. Segundo O'Keefe (2004), o *S&OP* é um processo utilizado pela alta gerência para auxiliar no planejamento e execução dos planos e estratégias de negócio. Kralik e Fogliatto (2016), citam que a chave do sucesso do *S&OP* é o apoio da alta gerência, garantindo o apoio de todas as áreas funcionais.

Este passo do método não considera todos o ciclo completo de *S&OP* como a análise de produtos entrantes e produtos descontinuados, avaliação das capacidades (até porque este método possui este passo de avaliação da Capacidade e Demanda), mas sim as decisões a nível estratégico da empresa e a declaração e sincronização das metas para que as próximas fases de desdobramento do método contenham estas premissas. Segundo Corrêa et al. (2006), o *S&OP* deve exercer na organização um papel importante na gestão, uma vez que garante que o que foi decidido estrategicamente seja realizado operacionalmente. Enfim, aqui o ponto crucial é a definição da estratégia do negócio, de políticas para o ambiente produtivo, de cima para baixo, considerando os principais pontos, a saber:

- Metas de estoque de materiais, *Work In Process* (*WIP*) e produto acabado;

- Divisão dos segmentos de negócio e diferenças que devem ser adotadas para cada família de produtos, como níveis de estoque, níveis de serviço, entre outros;
- Decisões sobre capacidade (conforme descrito no capítulo 2.3), investimentos em novas plantas, linhas de produção, máquinas e equipamentos – considerar gargalos da fábrica e gargalos identificados em cada família de produtos;
- Metas de faturamento, em quantidades ou valores;
- Priorização (ou não) de vendas de produtos;
- Antecipações e postergações de produção;
- Calendário Fabril e paradas de produção;
- Restrições de espaço, transportes, etc.

Sugere-se uma frequência bimestral ou trimestral e uma visão de 12 a 24 meses para esta reunião executiva de *S&OP* com a alta direção. Uma ata desta reunião necessita ser redigida com as principais decisões tomadas sobre os tópicos relatados acima, além de pontos adicionais importantes para o negócio da empresa.

#### **4.2.3 Excelência Operacional**

A excelência operacional explicitada no artefato tem a finalidade de apresentar os *inputs* recebidos de uma etapa do método proposto, indicando a importância da tratativa destes dados para a melhoria na utilização dos ativos. A etapa de avaliação da Capacidade e Demanda, no ciclo de atualização, irá indicar restrições e/ou ociosidade de capacidade, o que poderá ser analisado no trabalho de melhoria operacional. A seguir apresenta-se os principais pontos a serem considerados:

- análise de itens cadastrados na máquina, com possibilidade de troca para ativos com capacidade excedente;
- revisão dos tempos de ciclo dos produtos e análise de melhorias;

- análise dos tempos de *setup* dos itens, onde se possa buscar melhorias;
- possibilidade de acréscimo ou corte de horas trabalhadas (caso tenha-se uma ociosidade) ou redução de paradas programada;
- índice de refugo de peças, caso for um fator crítico;

#### 4.2.4 Ciclo de atualização

O ciclo de atualização está representado na Figura 17. Os dados são atualizados diariamente, com as mudanças nas previsões de vendas, na posição dos estoques e ordens em aberto e nas movimentações que podem ocorrer nas estruturas dos produtos e roteiros de fabricação. Estas são atualizações normais que ocorrem em qualquer ambiente fabril, sendo importante ressaltar que, quanto menor o nível de mudanças e oscilações, mais estável será o plano.

Mesmo que a atualização dos dados seja diária, o planejamento das quantidades no PMP terá uma frequência semanal (em alguns casos, em ambientes de oscilações reduzidas, pode ser quinzenal). Esta atualização semanal tem um horizonte de, no mínimo, 04 semanas firmes e mais 04 semanas de previsão, podendo ser estendido por maior tempo, caso se considere necessário criar o plano de produção para horizontes maiores (por exemplo, de 12 semanas). Como esta atualização será realizada semanalmente, é possível que o plano seja criado para este horizonte maior, realizando ajustes nestas previsões, semana a semana<sup>1</sup>.

Após a etapa do planejamento das quantidades do PMP, parte-se para a avaliação da capacidade dos recursos. Caso tenha-se um cenário de atendimento do plano com a capacidade existente, parte-se para a próxima etapa de liberação do plano e conversão e atualização das ordens de fabricação para a fábrica. Em caso da demanda for superior a capacidade, retorna-se para a etapa de planejamento das quantidades, para análise dos necessários ajustes a serem realizados. Se estes ajustes forem possíveis, com a possibilidade de atendimento do novo plano, sem

---

<sup>1</sup> A seção 4.2.4.1 detalha esta etapa.

prejuízos de atendimento ao cliente ou estratégia de estoque (ou apenas pequenas oscilações no estoque), parte-se para a etapa de liberação do plano. Em caso negativo, gera-se um *input* para a etapa de excelência operacional, ou seja, deverá ser estudada alternativas e melhorias para o aumento da capacidade, conforme será descrito na seção 4.2.3.

A etapa de confirmação e liberação do plano engloba basicamente a etapa de execução da atividade de liberação no sistema operacional existente na empresa, com a atualização das quantidades e ordens para produção e as necessidades das ordens dos componentes para programação na fábrica. A última etapa é a de avaliação dos indicadores do PMP e de produção, como o atendimento as quantidades planejadas, níveis de estoque, ordens ou nível de atraso na produção, entre outros. A Figura 17 mostra o ciclo de atualização do PMP.



Figura 17. Ciclo de Atualização do PMP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.4.1 Planejar as quantidades no PMP

Conforme Tubino (2009), o PMP desmembra o plano estratégico de longo prazo em planos específicos de produtos acabados (bens ou serviços) para médio prazo, direcionando as etapas de programação e execução das atividades operacionais (montagem, fabricação e compras), ou seja, faz a conexão entre o planejamento estratégico (plano de produção) e as atividades operacionais.

A seção 2.5 apresentou um referencial teórico do PMP, com a definição das funções e das implicações das variáveis desmembradas no PMP, nos níveis de estoques e serviço da empresa. Na sequência é apresentado um breve resumo de quais são os principais elementos que o PMP contém:

- Código dos itens da família definida para elaboração do PMP;
- Tamanho de lote (se aplicado);
- Demanda dos produtos finais, com quantidades e prazos;
- Estoque projetado.

Os níveis de oscilação na etapa de atualização das demandas e as definições no *S&OP*, como metas de inventário (estoque de produto acabado, materiais, entre outros), turnos de produção e horizontes de congelamento do plano terão impacto direto no planejamento das quantidades do PMP. Quanto maior o período congelado, mais estável será o plano de produção e menos nervoso será o *MRP*. Porém, isto pode acarretar um aumento dos estoques de peças e reduzir a pontualidade de entregas (ou *service level*) em itens com demanda variável no período (ZHAO et al.,1995). Este período de congelamento e a segurança considerada em relação à demanda podem variar de acordo com a evolução do uso do PMP para programação de itens finais no planejamento fabril, ou seja, com o passar do tempo e avaliação dos níveis de serviço e estoque, estes parâmetros podem ser alterados, adequando os níveis de produção a esta nova estratégia adotada. Ainda, por alterações definidas nas reuniões de *S&OP*, como uma necessidade de redução de estoque, antecipação/postergação de produção e/ou melhora nos níveis de serviço para uma família ou cliente específico, podem implicar

em alterações no PMP, além de cortes ou incrementos abruptos, realizados pelo cliente e que podem ser adaptados na revisão do PMP.

A Figura 18 mostra um exemplo (ferramenta auxiliar) para aplicação e lançamento das quantidades a serem produzidas, com uso do PMP:

DATA REF.				PERÍODO FIRME				PERÍODO VARIÁVEL			
DADOS DO ITEM				1	2	3	4	5	6	7	8
Segme nt	Cliente	Códitem									
RO	A	1111111	1-DEMANDA	-	18	53	39	27	53	58	54
RO	A	1111111	2-ORDENS FIRMES	-	-	-	-	-	-	-	-
RO	A	1111111	3-PLANO SUGERIDO	-	20	50	40	30	50	60	60
RO	A	1111111	4-EST. PROJETADO	21	23	20	21	24	21	23	29
CO	B	2222222	1-DEMANDA	-	20	15	16	16	19	11	13
CO	B	2222222	2-ORDENS FIRMES	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	B	2222222	3-PLANO SUGERIDO	-	16	15	16	16	19	11	13
CO	B	2222222	4-EST. PROJETADO	4	-	-	-	-	-	-	-

Figura 18. Exemplo de PMP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguem alguns comentários sobre este exemplo de PMP, com o detalhamento dos campos para preenchimento e parâmetros definidos.

- As primeiras duas colunas com o segmento do item e cliente são meramente informativas. Aqui a família escolhida é de uma linha de produção específica, onde são produzidos itens de diversos segmentos e clientes;
- O PMP contém a demanda por semana de cada item, as ordens firmes (neste exemplo itens não possuem ordens já firmadas), plano sugerido de produção e estoque projetado. Pode-se elaborar o PMP com quantidades diárias a serem produzidas;
- Este PMP possui uma predefinição com quatro semanas firmes, ou seja, para um período congelado e quatro semanas variáveis. Como a frequência de revisão do PMP é semanal, a cada semana se avança



uma semana no plano, mantendo 08 semanas de horizonte, com as últimas quatro semanas com possibilidades de alteração. Esta possibilidade de alteração nas últimas quatro semanas já deve ser alinhada com a área de produção;

- No item 1111111, percebe-se uma estratégia definida para a manutenção de um estoque mínimo de 20 peças e um plano de produção com múltiplo de 10 peças. O estoque mínimo pode ser utilizado para proteções para variações dos clientes, histórico de rejeições de qualidade, instabilidades de processo, etc. O múltiplo auxilia na padronização da abertura de ordens, no uso de embalagens e aproveitamento de *setups*. Neste exemplo, há a manutenção do nível de estoque, porém uma variação nas quantidades produzidas em cada semana, o que dará um nível maior de variação na programação da produção. Pode-se optar por um nivelamento de demanda e um estoque com maior variação, ou seja, a produção ter uma quantidade a produzir constante e o nível de proteção de produtos acabados oscilar;
- No item 2222222, percebe-se uma estratégia definida para zerar os estoques, ou seja, produzir somente sob pedido. Ainda, não possui múltiplo definido. Esta escolha pode objetivar a redução de estoques e a não obsolescência de peças, caso ocorram cortes de demandas. Esta abordagem de maneira diferenciada deve ser adotada objetivando ao atendimento das estratégias definidas pela empresa. Em alguns casos, a padronização dos parâmetros pode ser o melhor caminho. Mesmo assim, deverá haver exceções que deverão ser analisadas pela área de PPCP, como itens sazonais, itens com maiores percentuais de rejeições, itens de reposição, etc.

Sugere-se uma frequência semanal de revisão e apresentação do PMP, com a proposta elaborada pela área de PPCP. As primeiras revisões devem ser realizadas juntamente com a área de produção, para que possam trazer *feedbacks* em relação aos planos elaborados, sugestões de alterações e também para que se

revise o plano sugerido e realizado da semana anterior. Problemas de mão de obra, máquina, materiais, má definição de lotes e quantidades, entre outros, podem trazer dificuldades para execução do plano e isso deve retroalimentar os próximos planos de produção ou ainda alavancar propostas de alterações para as reuniões gerais de S&OP, como um investimento em máquinas ou ferramentas, por exemplo.

#### **4.2.4.2 Capacidade X Demanda**

Conforme citado nas seções 2.3 e 4.1.2, torna-se necessária a definição, dentro do passo de S&OP, da política de capacidade: sempre acima da demanda, capacidade e demanda equilibrados ou aumento da capacidade após confirmação da demanda. Estas definições dão norte no que tange à priorização de investimentos em capacidade e como a empresa trabalhará com riscos de falta de capacidade. Esta política poderá ser revisitada, principalmente se há evidência de grandes riscos de perda de vendas em virtude de restrições de capacidade.

Goldratt (1997), traz a definição do gargalo como qualquer restrição que bloqueie o atingimento da meta da empresa. Antunes et al (2008) cita que, na prática das empresas, existe uma tendência do gargalo não se modificar significativamente em função de aspectos relacionados ao balanceamento real das capacidades dos postos de trabalho, ou seja, são problemas estruturais. Baseado nestas definições, busca-se evidenciar tal(is) gargalo(s) na empresa, que provavelmente estarão ligados à definição das famílias de produtos e definição de diferentes estratégias de produção para cada uma destas. A próxima seção tratará especificamente desta divisão das famílias.

Após o planejamento das quantidades a produzir, lista-se todos os recursos utilizados pelos produtos inseridos nesta família, para a sequência de cálculo de demanda e capacidade, resultando na definição do recurso gargalo e recursos com capacidade restritiva (*Capacity Constraint Resource - CCR*). Normalmente, já há uma predefinição de quais recursos deverão ser analisados, ou seja, alguns recursos que possuem dificuldades de atendimento da demanda atual, inclusive por

atualizações anteriores do PMP e, também, pelos trabalhos já direcionados, na busca de melhorias de capacidade, em recursos restritivos. A seguir são apresentados os passos para análise das demandas e das capacidades.

#### **Demanda:**

- a) Confirmar quais são os produtos/componentes que utilizam o recurso estudado. Sugestão de revisão pela área de produção, confirmando a lista de produtos que utilizam tal recurso. Esta revisão serve para evitar erros no cálculo da demanda, caso existam erros de cadastros de produtos (cadastro em sistema e produção real);
- b) Revisar os tempos de ciclo e a demanda mensal. Sugestão de revisão pela engenharia ou PPCP. Esta revisão dos tempos de ciclo também auxiliará no cálculo assertivo da demanda;
- c) Fazer o cálculo da soma dos produtos das demandas  $tp \times q$  (onde **tp** é o tempo de ciclo e **q** a quantidade produzida do produto), conforme apresentado no capítulo 2.3.3 e apresentar o valor em horas/máquina;

#### **Capacidade:**

- a) Calcular o tempo total disponível na máquina para produção (Tempo disponível), conforme apresentado no capítulo 2.4, descontando paradas já previstas como almoço, troca de turno, turnos disponíveis, treinamentos, etc (conceito do *OEE* apresentado);
- b) Calcular *OEE* da máquina, conforme apresentado no capítulo 2.4:

$$\mu_{OEE} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{\text{Tempo programado}}$$

É relevante citar de levar em consideração as peças boas produzidas. Isto porque as peças defeituosas ou que serão descartadas fazem parte das

perdas consideradas no  $\mu_3$ . Caso já se tenham dados de histórico de produção e OEE da máquina disponíveis, estes dados podem ser revisados e utilizados para este passo;

- c) Calcular a capacidade do recurso, conforme apresentado no capítulo 2.3.4:

$C = T \times \mu_{OEE}$ , onde T é o tempo disponível (passo “a”) e  $\mu_{OEE}$  a eficiência do equipamento (passo “b”).

Após o cálculo das capacidades e demandas dos recursos selecionados, parte-se para a análise dos dados. Em caso de a demanda ser superior à capacidade, realiza-se uma nova atualização do plano de quantidades, para adequação à capacidade existente. Se mesmo assim, não houver capacidade suficiente, cria-se o *input* para a melhoria contínua, ou seja, ações para aumento de capacidade (turnos, horas extras, inclusão de pessoas, redução de tempo de *setup*, etc) ou redução de demanda (melhoria dos tempos de ciclo, uso de outras máquinas, alterações de processo) no ativo com restrição.

#### 4.2.4.3 Confirmação do Plano

A confirmação do plano elaborado, conforme apresentado na seção 4.2.4, é a etapa na qual confirma-se para a fábrica as quantidades planejadas. Com isso, os responsáveis pela programação da fábrica revisam as necessidades e ordens de componentes (inclusive de componentes críticos para atendimento) e a área de materiais poderá atualizar a carteira de pedidos para seus fornecedores. Basicamente os softwares de *MRP* trabalham com esta atualização com a criação de mensagens de tratativas para antecipações, alterações e postergações de ordens e pedidos. Esta etapa servirá de entradas para atualizações dos códigos e quantidades de componentes nos quadros de nivelamento diário junto à produção.

#### 4.2.4.4 Análise Crítica dos Indicadores

A análise crítica dos indicadores está diretamente ligada às decisões da reunião de *S&OP*, à estratégia escolhida para planejamento das quantidades no PMP e aos parâmetros de produção. Os principais objetivos e metas da empresa deverão ser acompanhados pelos indicadores, para que estes possam levar a análises e ações voltadas para cumprimento das metas estabelecidas e melhorias no planejamento da produção e no ambiente fabril. Por exemplo, se a principal meta é a redução do nível de atraso na produção ou os níveis de serviço, um dos indicadores deverá refletir esta condição e, de acordo com a medição do mesmo, trazer ações para que o mesmo progrida. Se há a necessidade do controle dos níveis de estoque de materiais, *WIP* ou produtos acabados, da mesma forma, indicadores deverão apresentar estes níveis em relação à meta estipulada, para que também ações sejam discutidas para cumprimento dos objetivos. A frequência de medição poderá variar em cada empresa. É significativo ressaltar a importância da alta direção no apoio às ações necessárias para disponibilidade dos indicadores e meios de medição assertivos dos mesmos, para que possam ser apurados facilmente e, preferencialmente, sem a necessidade de preparações ou alterações manuais para a contabilização dos dados. Os indicadores devem ser elaborados de maneira rápida e sem que haja a necessidade de “grandes” preparações e tratamento de dados para sua apresentação.

Os principais indicadores sugeridos para acompanhamento das metas na elaboração do PMP são descritos abaixo:

- Previsto X Realizado no PMP: Quantidades e datas previstas X realizado, conforme exemplo mostrado na Figura 19;



Figura 19. Exemplo de Indicador de Previsto X Realizado no PMP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Nível de inventário de produto acabado;
- Nível de inventário de *WIP*;
- Nível de atraso na produção (em valor ou quantidade);
- Níveis de serviço com clientes (se possível, abrir nível em cada cliente);
- Faturamento ou vendas previstas X realizadas no período, conforme Figura 20.

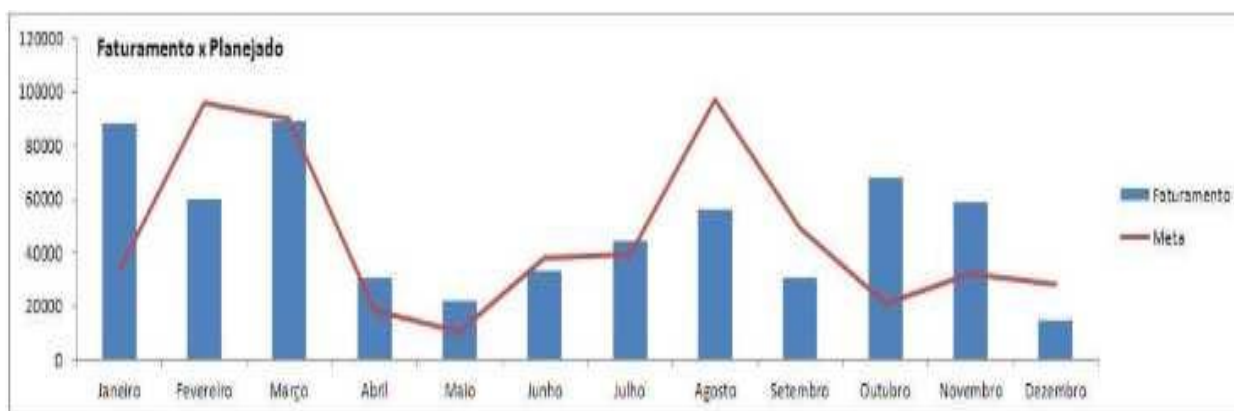


Figura 20. Exemplo de Indicador de Faturamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.5 Ciclo de Revisão

O Ciclo de Revisão, como dito anteriormente, ocorre em uma frequência menor (normalmente trimestral) ou quando ocorrem alterações de maior nível nas demandas de produtos ou há uma mudança significativa nas diretrizes definidas nas reuniões de S&OP. A Figura 21 apresenta o Ciclo de Revisão.



Figura 21. Ciclo de Revisão do PMP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ter uma frequência mínima de 03 meses, pelo menos, para revisar os parâmetros e famílias de produtos, auxilia para que os números anteriormente definidos não acabem prejudicando o atendimento às metas definidas, caso não sejam mais aplicáveis a novos cenários, que não foram revisados, por qualquer razão. Alterações de demandas significativas, como cortes ou acréscimos relevantes, devem servir de *input* para a revisão de parâmetros de produção, como lotes mínimos, lotes múltiplos e o horizonte de agrupamento para liberação de ordens. Além destes, as alterações nas políticas de produção, provenientes da reunião de *S&OP*, como a necessidade de alteração nos níveis de estoque e seguranças (total ou parcial), paradas programadas, antecipações de produção, restrições de turnos ou horas produtivas, entre outros, também impactarão na revisão de parâmetros de produção.

A entrada de novos itens e o encerramento de projetos impactarão na revisão das famílias de produtos. Além destas, a revisão das famílias poderá ocorrer por definição de agrupamento de materiais, itens ou processos, em um formato diferente da atual. Posterior a esta revisão das famílias, também ocorrerá a revisão dos parâmetros de produção. A seguir, detalha-se as etapas de revisão das famílias de produtos e dos parâmetros de produção.

#### **4.2.5.1 Revisão das famílias de produtos**

A revisão das famílias de produtos, conforme já citado, ocorre quando ocorrem inclusões e exclusões de itens ou quando deseja-se agrupar os itens atualmente produzidos, de uma maneira diferente. Muitas vezes, itens que estão fora de uma família específica, acabam possuindo materiais, processos ou outras similaridades, que possam fazer com que seja incluso em dada família de produtos. Silveira (1994) sugere que a segmentação ou focalização de atividades em famílias de componentes, máquinas e processos é o objetivo fundamental que norteia a introdução de técnicas de TG no ambiente industrial. O autor ainda menciona como sugestão o desenvolvimento de métodos específicos para o gerenciamento de



células de manufatura, especialmente os relacionados ao PPCPM, criando ou adaptando métodos de programação e controle da produção, pois um novo modelo de organização do processo produtivo tende a exigir novas práticas. Sendo assim, salienta-se a importância deste passo do método proposto, para que seja possível a escolha de estratégias, a definição de parâmetros e a análise da capacidade e da demanda, especificamente, em cada família de produtos.

Silveira (1994), menciona ainda que problemas tratados pelas heurísticas destinadas à resolução deste problema normalmente sofrem um aumento na sua complexidade em escala exponencial, à medida que aumentam as possibilidades de combinações de máquinas x atividades. Qualquer simplificação no sentido de redução deste problema, reduzindo o número de combinações, pode ter um grande impacto na velocidade e acurácia dos resultados obtidos através da aplicação destas heurísticas. Para a definição das famílias de produtos, sugere-se a revisão dos produtos e seus componentes lista de materiais, com a listagem das máquinas envolvidas e roteiros de produção, buscando a formação de *clusters* para agrupamento de famílias de produtos, conforme mostra a Figura 22.

Análise de <i>Clusters</i> Tecnologia de Grupo						
Produto	Processos					
Produto	P1	P2	P3	P4	P5	P6
AAAAA	X	X	X	X		X
BBBBB	X		X			X
CCCCC	X	X			X	X
DDDDD	X	X	X			X
EEEEE	X	X				X
FFFFF	X	X	X	X		X

Figura 22. Análise de Processos Produtivos na Tecnologia de Grupo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se no exemplo acima, que há uma possibilidade de agrupamento dos itens por possuírem todos a operação nos postos P1 e P6. Ainda, Se para os itens AAAAA e CCCCC, for possível a mudança de processo, buscando eliminar as operações nos processos P4 e P5, respectivamente, o agrupamento será facilitado. Nestas análises de possíveis agrupamentos, cabe ainda averiguar possíveis alterações de *layout*, que facilitem o fluxo fabril de materiais e componentes, objetivando a simplificação na fábrica e, possivelmente, um lead time mais rápido.

Cabe destacar ainda que, a partir do agrupamento das famílias de produtos, pela similaridade dos processos produtivos ou até mesmo por outras características (dimensional e material das peças, segmento de negócio, entre outros), se defina o gargalo do sistema produtivo em cena. Com este gargalo identificado, os parâmetros de produção serão definidos com esta definição, ou seja, as análises de tempo de produção do lote e busca de um lote para um bom aproveitamento do *setup*, estarão condicionados à priorização do processo no gargalo. Além disso, esta definição facilitará as análises de capacidade e demanda, após o planejamento das quantidades no PMP, conforme mencionado na seção 4.2.4.2, que trata da capacidade e demanda.

#### **4.2.5.2 Revisão dos Parâmetros de Produção**

Este capítulo da revisão dos parâmetros tem papel fundamental para a melhor utilização dos ativos da fábrica e a busca da padronização dos parâmetros para a produção de componentes. De forma geral, a ideia consiste em seguir as diretrizes elencadas no *S&OP* e as quantidades dos conjuntos provenientes do planejamento das quantidades, além de possíveis alterações provenientes da análise dos indicadores. Em uma fábrica com relativa variedade no número de conjuntos e componentes produzidos, este planejamento torna-se indispensável para a sincronização das estratégias de produção definidas. Xie et al (2003), citam que o PMP direciona o MRP e gera uma importante conexão entre as previsões de demanda, ordens de entrada e atividades do plano de produção, por um lado e, o

detalhamento do sequenciamento e planejamento de componentes e materiais, por outro lado.

A etapa de revisão de parâmetros compreende o estudo de todos os componentes que fazem parte da lista de materiais da família estudada. Se este grupo de conjuntos contém, por exemplo, 30 itens, é provável que o número de componentes seja 3 a 4 vezes maior, havendo a possibilidade, inclusive, de um mesmo componente ser utilizado em mais de um conjunto. Para se ter uma maior clareza da sequência de passos a seguir nesta etapa do método, dividiu-se a mesma em duas partes: i) preparação dos dados, com a apresentação das informações necessárias para a montagem do cenário; ii) a definição dos parâmetros, com as decisões e regras para o planejamento peça a peça.

#### 4.2.5.2.1 Preparação dos Dados para Revisão de Parâmetros

A seguir elenca-se uma série de passos necessários para a realização desta etapa. A opção de se descrever os passos, em sequência, é proposital para facilitar o entendimento e repetir a aplicação em diferentes famílias de produtos e empresas.

- Passo 1: Listar todos os componentes pertencentes a cada conjunto, com a quantidade necessária de cada um para completar o conjunto.
- Passo 2: Em seguida, o segundo passo é agrupar os componentes que são utilizados em mais de um conjunto;
- Passo 3: Identificar a demanda mensal de cada componente, com horizonte mínimo de 08 meses, com horizonte ideal de 12 meses e calcular a demanda média;
- Passo 4: Verificar se algum componente tem previsão de *phase out* (eliminação ou final de produção) e ou alteração prevista, envolvendo as áreas de engenharia e área de vendas, se necessário;
- Passo 5: Inserir o custo unitário de cada componente (solicitar auxílio de área de contabilidade, se necessário);

- Passo 6: Listar os componentes que possuem múltiplo de embalagem já definido;
- Passo 7: Listar todos os centros de trabalho ou linha de produção onde o componente é produzido;

Com estes 07 passos cumpridos, cria-se uma planilha inicial com os dados coletados - Quadro 10.

Quadro 10. Dados dos Componentes para a Revisão de Parâmetros de Produção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Componente	Texto breve de material	Demanda mensal média(peças)	Phase out?	Múltiplo	Custo unitário (R\$)	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7
AAAAA	Porta	200	Não	-	R\$2,30	X		X				
BBBBB	Tampa	1000	Não	-	R\$6,90	X	X		X		X	
CCCCC	Faca	4000	Não	1000	R\$11,10					X		
DDDDD	Suporte	50	Não	-	R\$4,30	X						X

#### 4.2.5.2.2 Definição dos parâmetros peça a peça

Com o cenário definido, conforme apresentado no item anterior, parte-se para a definição das regras de planejamento dos lotes de produção dos componentes. Sugere-se que esta etapa seja elaborada pela área de planejamento e área de produção, uma vez que a associação das visões de cada área e a união do conhecimento das mesmas poderá trazer melhores resultados. A seguir apresenta-se o passo a passo para a realização desta etapa:

- Passo 1: revisão dos múltiplos de embalagem de cada componente, analisando alterações ou definições de múltiplos que não estão cadastrados, a realizar pelo planejamento e produção;

- Passo 2: Verificar todos os componentes que possuem demandas únicas e/ou sazonais, ou seja, itens que possuem demanda em apenas um ou dois meses, definindo os mesmos como estratégia de produção *MTO*, ou seja, somente produzir quando houver demanda. Demais itens, que tiverem demanda regular, definir como estratégia de produção *MTS*, ou seja, produzir para estoque;
- Passo 3: Definir as regras de produção para componentes *MTS*: Estas regras podem estar relacionadas à diversas variáveis, como custo, estoque, número de embalagens, tempo de cobertura de demanda, tempos de produção no centro de trabalho de maior tempo, entre outros. Aqui o negócio em que a empresa está inserida e a família definida para parametrização podem alterar quais parâmetros devem ser priorizados, além das regras e posições definidas na reunião de *S&OP*. Seguem abaixo alguns tópicos importantes sobre a definição de regras para o dimensionamento dos lotes de produção:
  - a) Avaliar cada centro de trabalho onde o componente é produzido. Centros de trabalho que possuem já indicadores de restrições de capacidade (*CCRs*) ou que são gargalos devem ser priorizados no que tange a potencializar sua utilização;
  - b) Itens de baixa demanda ou baixo custo e que possuem alto tempo de *setup* em algum dos centros de trabalho, principalmente nos citados no tópico acima, devem ter lotes de produção com maior tempo de cobertura da demanda, com 45, 60, 90 ou mais dias de cobertura. Nestes casos, produzir lotes menores fará com que o número de *setups* aumente, fazendo com que o ativo em questão, já com restrições de capacidade, tenha perdas elevadas associadas como o tempo total de preparação;
  - c) Itens com alto custo e demanda regular podem ter um maior número de ordens e *setups*, ou seja, aqui a priorização será a redução do inventário na fábrica. Em caso de que não haja

restrições para custos de inventário ou embalagens, por exemplo, prioriza-se a utilização dos ativos;

- d) Lotes com coberturas de demanda extremamente elevados podem sofrer alterações de especificações ou *phase out* ao longo do tempo. Desta forma, deve-se ter cautela com esta variável de tempo de cobertura, evitando-se custos com obsolescência de peças ou necessidade de retrabalhos;
  - e) Para casos em que não haja restrições quanto à definição de múltiplos (para padronização na produção) e que se tenha maior abertura quanto aos lotes produzidos, pode-se optar por agrupamento de dias de cobertura para ordens de produção e não lote fixo, ou seja, faz-se a leitura de dias de demanda que se deseja cobrir com a ordem de produção, sem ter um lote fixado. Porém, deve-se atentar que, em períodos de menor demanda destes itens, os agrupamentos irão gerar ordens de fabricação de menores quantidades, podendo prejudicar o uso dos ativos e/ou futuras entregas;
- Passo 4: Definir lotes de produção dos itens MTS, com quantidade, tempo de cobertura de demanda e custo do lote, lançando estes dados em um relatório, conforme ilustrado no Quadro 11;
  - Passo 5: Revisar lotes cadastrados, verificando uso de embalagens e espaço fabril para armazenagem. Etapa a ser realizada pela área de produção;
  - Passo 6: PPCP e produção avaliar tempo de *setup* + tempo de produção do lote definido em cada centro de trabalho. Em casos de tempo de produção total muito baixos, revisar o lote cadastrado. Tempos de produção elevados também poderão ser revisados, além daqueles com custo de inventário elevados;
  - Passo 7: PPCP e produção necessitam revisar tempos de cobertura de demanda dos lotes definidos, buscando identificar lotes com coberturas abaixo ou acima da necessidade real;

- Passo 8: Revisar se lotes definidos poderão cumprir com o PMP já definido. Etapa a ser desenvolvida pela PPCP;
- Passo 9: Avaliar se os lotes definidos cumprem com as regras e políticas do S&OP. Com o tamanho de lote definido para cada componente e custo unitário de cada item, pode-se projetar os estoques da fábrica, analisando se os mesmos cumprem com regras impostas.

Com estes 09 passos executados, cria-se um relatório, ilustrado no Quadro 11.

Quadro 11. Definição de Parâmetros dos Componentes no Ciclo de Revisão do PMP.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Componente	Texto breve de material	Lote Múltiplo	Tempo de produção maior centro de trabalho (horas)	Cobertura (dias)	Custo do lote (R\$)	Estratégia	Comentários	Phase Out?
AAAAA	Porta	300	5,6	45	R\$14.307,80	MTS		Não
BBBBB	Tampa	1000	3,5	30	R\$13.604,40	MTS		Não
CCCCC	Faca	2000	1,4	15	R\$16.003,40	MTS		Não
DDDDD	Suporte	50	4,6	30	R\$13.717,60	MTS		Não
EEEEE	Reforço	100	3,5	30	R\$11.078,40	MTS		Não
FFFFF	Blank	400	10,7	34	R\$16.308,00	MTS	Reposição alto volume	Não
GGGGG	Chapa	80	3,6	30	R\$9.918,00	MTS		Não
HHHHH	Aleta Esquerda	150	2,2	45	R\$5.270,00	MTS		Não
IIIII	Aleta Direita	225	2,2	45	R\$5.352,50	MTS		Não
JJJJJ	Suporte	5000	2,7	30	R\$5.984,10	MTS		Não
KKKKK	Dobradica	30	0,5	15	R\$3.182,40	MTS	Será substituído por RRRRR	Não
LLLLL	Chapa	300	12,0	30	R\$3.787,20	MTS		Não
MMMMM	Lateral	175	2,2	30	R\$4.272,00	MTS		Não
NNNNN	Suporte	90	2,3	30	R\$3.068,80	MTS		Não
OOOOO	Lateral	1600	2,7	45	R\$2.921,05	MTS		Não
PPPPP	Suporte Frontal	500	3,3	30	R\$4.132,70	MTS		Não

É possível verificar que os itens com maior e menor tempos de produção identificados, no centro de trabalho de maior tempo de cada componente, já são grifados para que possam ser revisados (conforme passo 6 descrito anteriormente). Da mesma forma, identifica-se no relatório, componentes com maior custo de lote, caso seja viável a revisão para redução do inventário. Ainda, adiciona-se uma

coluna com observações sobre cada componente, para que, em futuras revisões e ou análises, as mesmas já sirvam de base para tomada de decisões.

Qualquer *feedback* de demais áreas, principalmente da área de produção, que identifique oportunidades de melhorias, a qualquer momento, em pontos como alteração de lote, alteração do múltiplo, aumento ou redução da cobertura de demanda, estoques excessivos, entre outros, devem endereçar estas melhorias para avaliação de PPCP, que poderá rodar o ciclo de revisão de parâmetros, frente a esta necessidade.

#### **4.2.6 Programação e Nivelamento Diário**

Niimi, (2004) cita, conforme apresentado no capítulo 2.5.1, o conceito de *Heijunka*, como o nivelamento de produção. Explana-se que o conceito nasceu nos anos 50 diante da necessidade de encontrar uma solução para a falta de peças, desde a matéria prima até peças prontas, a qual impedia a Toyota de aumentar sua produtividade e atender à crescente demanda do mercado dos EUA pelos caminhões bélicos a serem utilizados na Guerra da Coréia. O sobe e desce nos números de veículos produzidos trazia elevadas perdas para a empresa e esforços extras nas linhas de produção.

A alocação à fábrica de uma demanda constante por um determinado período de tempo dependerá da capacidade de desenvolver planos mensais e semanais, que absorvam as variações diárias, sem que sejam transferidas para o sistema de produção (ANTUNES JUNIOR et al, 2008). A última etapa do artefato proposto tem um propósito e formato similar ao PMP, alocando as demandas de produção no calendário fabril, com o objetivo de atender as estratégias internas definidas e, claro, ao cliente final. A seguir são descritas as premissas para elaboração do Nivelamento Diário:

- Objetivar o nivelamento da produção, ou seja, manter a produção abastecida de componentes e produzindo durante todo período



produtivo, evitando falhas e rompimentos da produção ou estoques excessivos;

- Propor uma visão de uma semana, com a alocação da produção dos componentes respeitando as quantidades de conjuntos definidos no planejamento das quantidades do PMP e dos parâmetros de produção definidos. Os setores de PPCP e produção poderão retroalimentar este fluxo, sempre que necessário, quando dificuldades ou oportunidades para atendimento ao plano sejam identificadas, servindo de *input* para a etapa de excelência operacional.

A Figura 23 mostra um exemplo para aplicação e lançamento das quantidades a serem produzidas, com o uso do Nivelamento Diário:

CT	LINHA	ORDEM	CONJUNTO	COMPONENTE		PERÍODO					
						SEMANA	12	12	12	12	12
						ATRASO	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
11111	L10	-	XXXX	DDDDD	1-DEMANDA	8	-	-	16	-	-
11111	L10	17880	XXXX	DDDDD	2-ORDENS ABERTAS	-	8	-	-	-	-
11111	L10	18500	XXXX	DDDDD	3-PLANO SUGERIDO	-	-	8	8	8	8
11111	L10	-	XXXX	DDDDD	4-ESTOQUE PROJETADO	-	-	8	-	8	16
22222	L20	-	YYYY	KKKK	1-DEMANDA	-	-	-	-	-	100
22222	L20	-	YYYY	KKKK	2-ORDENS ABERTAS	-	-	-	-	-	-
22222	L20	18570	YYYY	KKKK	3-PLANO SUGERIDO	-	-	-	-	100	-
22222	L20	-	YYYY	KKKK	4-ESTOQUE PROJETADO	-	-	-	-	100	0

Figura 23. Exemplo de Nivelamento Diário na Programação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Adicionalmente a esta ferramenta, tem-se um relatório de acompanhamento dos saldos de componentes nos supermercados e/ou depósito onde os componentes são alocados. Este relatório adicional lista todos os componentes existentes e saldos atualizados e a demanda futura de cada componente, com o período de visão de acordo com o objetivo e escolha de cada empresa, ou o mesmo pode funcionar com um ponto de disparo definido. Sugere-se que este relatório seja utilizado por qualquer usuário deste artefato, pois tem um papel fundamental de indicar materiais que não possuem saldo suficiente para atendimento das

demandas, indicando ao PPCP quais são os componentes e ordens de fabricação que devem ser priorizadas e limites de datas para que o componente esteja disponível para utilização. E estas informações são utilizadas para elaboração do Nivelamento Diário. O Quadro 12 mostra um exemplo de relatório de demanda e saldo de componentes.

Quadro 12. Relatório de Saldos e Demandas de Componentes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

CONJUNTO APLICADO	DEMANDA DO PERÍODO	COMPONENTE	ESTOQUE NO SUPERMERCADO	SALDO
WWWWW	30	AAAAA	16,0	-14,0
WWWWW	30	BBBBB	6,0	-24,0
WWWWW	180	CCCCC	136,0	-44,0
XXXXX	8	DDDDD	0,0	-8,0
XXXXX	16	EEEEE	6,0	-10,0
XXXXX	32	FFFFF	9,0	-23,0
XXXXX	8	GGGGG	0,0	-8,0
XXXXX	24	HHHHH	24,0	0,0
XXXXX	8	IIIII	28,0	20,0
XXXXX	24	JJJJJ	56,0	32,0
YYYYY	100	KKKKK	64,0	-36,0
YYYYY	500	LLLLL	500,0	0,0
YYYYY	400	MMMMM	147,0	-253,0
YYYYY	500	NNNNN	38,0	-462,0
ZZZZZ	10	OOOOO	85,0	75,0
ZZZZZ	20	PPPPP	94,0	74,0

Apresentado o nivelamento diário e ferramenta adicional, tem-se o último passo do método proposto na versão M0. Após a apresentação do artefato para elaboração do PMP, a próxima etapa deste trabalho apresenta a aplicação do mesmo em uma empresa do setor metalmecânico, conforme apresentado no método de trabalho, na primeira fase de avaliação do artefato.

## 5 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO PARA ELABORAÇÃO DO PMP

Este capítulo apresenta a aplicação do método proposto para elaboração do PMP, em uma empresa do setor metalmeccânico, que possui um elevado número de produtos e componentes. Inicialmente, apresenta-se a empresa em que o mesmo foi instanciado e o detalhamento da sequência de passos adotados, conforme proposto no capítulo 4. Ao final, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos e das melhorias identificadas, apresentando a versão do método M1, conforme descrito na metodologia de pesquisa.

### 5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

A aplicação piloto do artefato apresentado para a elaboração do PMP foi realizada na Bruning Tecnometal Ltda, uma empresa do setor metalmeccânico, localizada na cidade de Panambi, no Estado do Rio Grande do Sul, que fornece peças e conjuntos, principalmente em aço e alumínio, para 04 segmentos distintos: automotivo, rodoviário (caminhões e ônibus), agrícola e de máquinas para construção (linha amarela). A Figura 24 mostra a vista aérea da empresa.



Figura 24. Vista Aérea da Bruning Tecnometal Ltda.

Fonte: Acervo Bruning Tecnometal Ltda

A Bruning Tecnometal Ltda foi fundada em Abril de 1947, pelo Sr. Ernesto Rehn, em Panambi, Rio Grande do Sul. A empresa iniciou suas atividades com a manutenção de máquinas agrícolas importadas e na fabricação de pequenos componentes para processamento de grãos. Em 1967, com a nacionalização da produção de máquinas agrícolas no Brasil, a empresa inicia o fornecimento de peças para este segmento. Em 1988, inicia-se o fornecimento de peças para o segmento de caminhões e ônibus e em 1995, o fornecimento para o segmento automotivo. Atualmente, está consolidada no fornecimento de peças para diversos clientes nos segmentos anteriormente citados. O Quadro 13 traz informações adicionais a respeito da empresa.

Quadro 13. Informações da Bruning Tecnometal Ltda.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Empresa	Bruning Tecnometal LTDA
Fundação	1947
Empregados	2200 em janeiro de 2020
Área Total	500 mil metros quadrados
Área construída	120 mil metros quadrados
Consumo de aço	52 mil toneladas em 2019
Distância de Porto Alegre	376 Km
Faturamento Bruto	Previsão em janeiro de 2020 de R\$ 700 milhões

A Figura 25 mostra a divisão atual do negócio da empresa (com visão de janeiro de 2020), com o faturamento bruto previsto para o ano, considerando as vendas apenas do setor produtivo, sem considerar sucatas, protótipos e ferramentas.

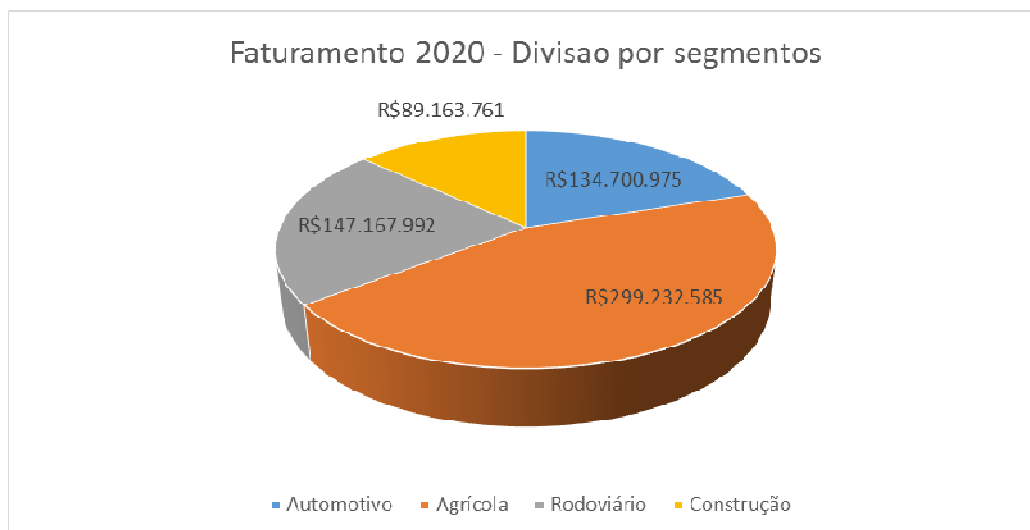


Figura 25. Faturamento Previsto por Segmento em 2020.

Fonte: Acervo Bruning Tecnometal Ltda

O critério de escolha da empresa levou em consideração o acesso aos dados e a complexidade do negócio de atuação da mesma, pelo elevado número de conjuntos e componentes produzidos. A empresa possui 1875 itens ativos fornecidos aos clientes e 7667 componentes, número este apurado em janeiro de 2020.

A empresa possui duas fábricas: a Fábrica 1 com setores de estamparia, solda e pintura para atendimento dos segmentos automotivo, rodoviário e agrícola, com *layout* basicamente funcional, ou seja, máquinas divididas por tipo de atividade/processo, com algumas células de fabricação, como a linha de soldagem de peças automotivas, linha de fabricação dos tanques de combustível em alumínio e a linha de fornecimento do eixo traseiro. A Figura 26 apresenta uma das linhas de produção da estamparia, exemplificando o *layout* funcional e a célula de solda dos tanques de combustível, com *layout* celular.



Figura 26. Linha de Produção da Estamparia e Célula de Solda da Empresa.

Fonte: Acervo Bruning Tecnometal Ltda

A Fábrica 2 possui linhas de corte plasma, usinagem, soldagem e pintura, para atendimento do segmento de construção, com células de solda e usinagem, divididas por produtos. A Figura 27 apresenta uma das áreas de soldagem desta unidade.



Figura 27. Células de Soldagem da Fábrica 2.

Fonte: Acervo Bruning Tecnometal Ltda

A seguir descreve-se resumidamente as áreas de produção da Fábrica 1:

- Estamparia/usinagem: considerada a fábrica de componentes, para abastecimento dos supermercados internos: possui máquinas como prensas hidráulicas e excêntricas, serras, guilhotinas, máquinas de corte laser, dobradeiras, tornos CNC e centros de usinagem;
- Solda: soldagem de conjuntos com processos MIG/MAG, TIG (tanques de combustível em alumínio), solda ponto e por resistência. Processos de soldagem manuais e robotizadas;
- Pintura e montagem: processos de pintura do tipo *e-coat*, pintura líquida e pintura pó, além de setores de montagem e rebitagem de conjuntos como picadores de palha, travessas de caminhões, reservatórios de ar, entre outros.

## 5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Neste capítulo, apresenta-se a aplicação piloto do método proposto para elaboração do PMP, com o detalhamento de cada passo, conforme o método apresentado anteriormente.

### 5.2.1 Definição do Escopo de Aplicação do Método na Empresa

A Bruning Tecnometal Ltda possui já 04 segmentos (famílias) distintos de negócio: automotivo, rodoviário, agrícola e máquinas de construção. O segmento automotivo foi escolhido para aplicação piloto do método, pois possui um menor número de máquinas e linhas de produção e um número menor de produtos e componentes, o que facilita a coleta de dados e aplicação, de maneira geral, do artefato.

A Figura 28 mostra alguns dos produtos fornecidos desta família. Este segmento possui, em sua maioria, itens de alto volume, com componentes

estampados e conjuntos soldados em células robotizadas. Os componentes estampados são produzidos, em resumo, em prensas com sistemas transfer e/ou prensas em linha. Todos os trabalhos realizados foram liderados pelo autor desta pesquisa, com auxílio das áreas de PPCP e produção da empresa, para coleta de dados e aplicação do cenário no ambiente fabril.

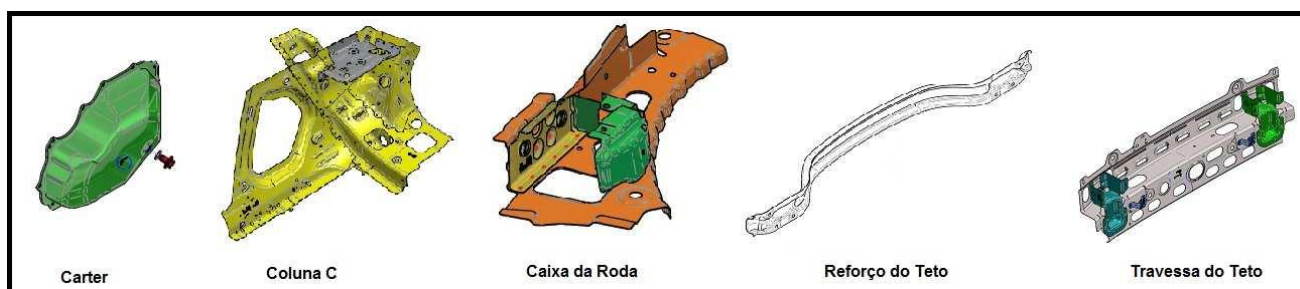


Figura 28. Exemplo de Itens Produzidos do Segmento Automotivo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, detalha-se a aplicação do artefato, detalhando-se cada passo do método proposto.

### 5.2.2 S&OP e Políticas

A reunião de S&OP na empresa onde o artefato foi instanciado usualmente ocorre mensalmente e é coordenada pela área de PPCP. As áreas de produção, compras, comercial, engenharia, manutenção, qualidade e de desenvolvimento de itens novos são convocadas. Devido as mudanças ocasionadas pela pandemia do coronavírus, o evento foi temporariamente suspenso. Com isso, discussões sobre as metas e definições estratégicas da empresa foram definidas em eventos distintos, principalmente nas reuniões da gerência e diretoria, quando os tópicos relativos ao S&OP foram pautados.

Iniciando pelas previsões de faturamento, montaram-se dois cenários previstos, após o início da pandemia: um cenário de previsão de faturamento e um



cenário pessimista, considerando novas quedas nas vendas. Estes cenários são apresentados semanalmente, servindo de base para o orçamento da empresa e, também, como base para a definição dos tamanhos máximos dos estoques. As previsões de vendas e faturamento apresentadas são oriundas do recebimento das programações dos clientes e de uma avaliação de possíveis cortes e incrementos, pela análise de mercado e de comunicações com os clientes. Além do cenário de faturamento, montou-se um mapa de paradas dos clientes, para que toda a organização tivesse a informação das datas de início de fim de produção de cada cliente, como mostra a Figura 29, onde preserva-se o nome dos clientes.

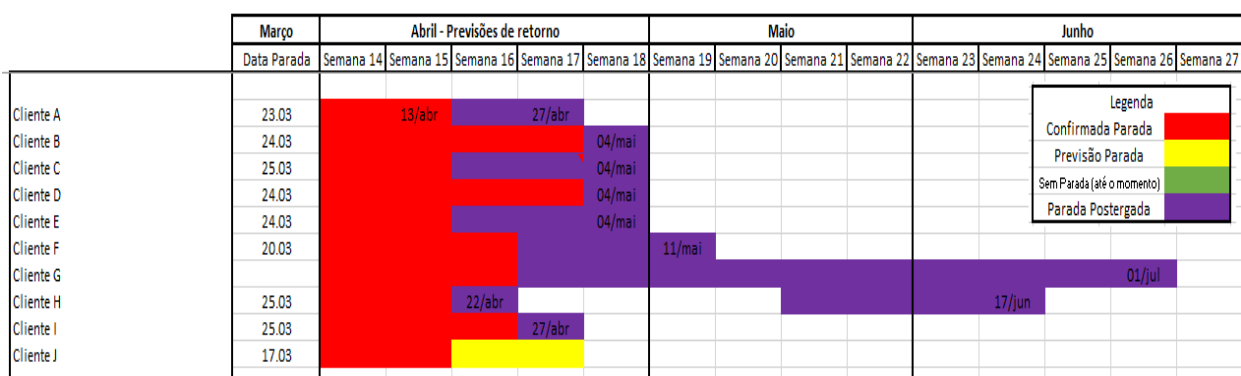


Figura 29. Mapa de Parada dos Clientes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As metas de estoque foram redefinidas de acordo com os novos cenários de faturamento, pois a disponibilidade de caixa acabou sendo drasticamente afetada neste período. Qualquer variação acima de 3,0% no faturamento geral da empresa leva a um novo cenário de estoques e de orçamento. A Figura 30 mostra o cenário de metas dos estoques para 2020, comparando este cenário com o ano de 2019. Percebe-se uma queda na meta geral de estoque de aproximadamente 33%, o que, na época, corresponde a um valor absoluto de R\$ 47,2 milhões.

META 2020	Valor		
	Valor	Giro	Participação Estoque
<b>Abertura</b>			
Matéria-Prima	32.929.457	32,13	34,25%
Acabados	9.967.941,21	9,72	10,37%
Semi-Acabados	11.016.857,79	10,75	11,46%
WIP Produção	20.538.749,90	20,04	21,36%
WIP Ferramentaria	19.400.252,55	18,93	20,18%
Manutenção	2.299.116,27	2,24	2,39%
<b>Estoque Final</b>	<b>96.152.375</b>	<b>94</b>	<b>100,00%</b>

Estoques	2019		
	Valor	Giro	Participação dos Estoques
<b>Abertura</b>			
Matéria-Prima	49.207.557	31	34,33%
Acabados	14.166.283,83	9	9,88%
Semi-Acabados	16.327.495,96	10	11,39%
WIP Produção	30.949.003,39	19	21,59%
WIP Ferramentaria	28.553.341,67	18	19,92%
Manutenção	4.145.407,16	3	2,89%
<b>Total</b>	<b>143.349.089</b>	<b>90</b>	<b>100,00%</b>

Figura 30. Metas de Estoque da Empresa em 2019 e 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As metas de faturamento, orçamento e estoques são as principais definições estratégicas da empresa. Esta estratégia é desdobrada em todas as áreas, submetendo todas as contas e depósitos de materiais, componentes e produtos a estas metas. Estas definições estratégicas foram consideradas como premissas para os próximos passos do método, principalmente nas definições do nível de segurança dos materiais nos supermercados, nos limites de antecipações de produção na elaboração do Plano Mestre de Produção (PMP) e nas projeções dos estoques com a definição dos lotes no planejamento peça a peça.

Em relação ao atendimento aos clientes, definiu-se o controle do atendimento à carteira de pedidos com dois dias de antecedência, ou seja, os itens finais devem estar em estoque, atendendo a carteira do dia e de dois dias seguintes (e não os dois próximos pedidos, caso estejam em datas posteriores). Com isso, a elaboração do PMP e do Nivelamento diário na programação devem atender a esta definição, ou seja, não devem basear-se em datas de programações dos clientes. Esta definição trouxe inclusive uma nova sistemática de medição do atraso da carteira de pedidos, medindo este valor dos itens que não estão atendendo a esta premissa. Desta forma, a empresa como um todo passa a medir seu atraso e não mais mede o mesmo pela carteira de pedidos do dia dos clientes, buscando melhorar seus níveis de serviço. Os indicadores das áreas de produção, como estamparia, solda e pintura também passaram a medir este indicador, para que toda a organização mantivesse

o mesmo formato de avaliação. Cada área de estamparia e solda, por exemplo, pode filtrar os itens de sua responsabilidade, indicando quais itens não estão atendendo este indicador. Esta definição tem o objetivo de proteger o cliente de possíveis atrasos ou de atender o mesmo em casos de pequenas oscilações na programação. O impacto calculado para esta proteção foi de R\$ 1,9 milhões. Este aumento dos estoques foi apresentado pela área de PPCP e obteve a aprovação das áreas de compras e finanças.

Estas são as principais definições advindas do processo de S&OP e das reuniões gerenciais na instanciação do artefato:

- cenários de faturamento previstos, com orçamento e estoques subordinados a estes valores;
- metas dos estoques de 2020, de acordo com o faturamento previsto;
- monitoramento e divulgação do mapa de paradas dos clientes (com a definição de ações para cada mudança);
- definição do monitoramento e cadastramento dos pedidos dos clientes com dois dias de antecedência da data de entrega, com impacto nos estoques conforme já mencionado;
- indicadores das áreas de solda e estamparia, como atendimento à carteira e atendimento à quantidade mínima de componentes no supermercado (caso da estamparia) passam a considerar a carteira de pedidos em “D+2” e não mais a data de entrega ao cliente.

### **5.2.3 Ciclo de Atualização**

A seguir, apresenta-se a aplicação do artefato, com o detalhamento de cada passo do método proposto.

### 5.2.3.1 Planejamento das quantidades no PMP

Esta seção apresenta o PMP aplicado nos itens do segmento automotivo. A ferramenta utilizada é a mesma ilustrada na Figura 17, com as informações do segmento, cliente, código do item, demanda, ordens firmes, plano sugerido de produção e estoque projetado. A empresa ainda não utilizava o PMP como ferramenta, tendo sua produção conduzida basicamente de acordo com os EDIs dos clientes, ou seja, as variações ocorridas nas programações recebidas eram direcionadas diretamente para a fábrica. Anterior à implantação de um novo ERP na empresa, ocorrida em 2018, os itens ainda tinham as ordens de produção abertas por conjunto, sem parâmetros de produção diferentes para cada componente e para cada item. A partir do novo ERP, há a opção de escolha do horizonte de agrupamento de ordens, abertura de ordens de componentes separadamente, definição de estoques de segurança em dias ou quantidade de peças, entre outras opções. Em relação ao uso do PMP, com o uso do novo ERP, é possível a utilização da ferramenta, com o carregamento dos números definidos no sistema, automaticamente.

As estratégias definidas no S&OP são de redução de inventário, principalmente de WIP e estoque de produto acabado, mantendo um atendimento ao cliente sem seguranças de estoque de produtos. Com isso, o PMP está baseado, neste período, em uma produção de itens na solda com um dia antes da entrega do item. Como o processo de soldagem destes itens possui uma alta confiabilidade e disponibilidade das máquinas (acima de 99%), opta-se por este parâmetro. Após a soldagem, considera-se os processos de etiquetagem e carregamento das peças. Em caso de não haver restrições do inventário, se optaria pela produção com pelo menos dois dias de segurança, número limite do fluxo de embalagens existentes para a entrega de produtos acabados. Reitera-se que, para este tipo de produto, evita-se utilizar as embalagens alternativas, pois o transbordo de peças para a embalagem final ou o acondicionamento em embalagens alternativas podem danificar as peças.

Diferentemente do que foi sugerido no capítulo 4.2.4.1, para o PMP do segmento automotivo, para itens soldados (itens estampados e que não possuem processo posterior de solda, trabalha-se diretamente com a ferramenta do Nivelamento diário), definiu-se o horizonte de duas semanas do período congelado, devido à flexibilidade existente nos processos produtivos destas peças, sendo possível ajustar quantidades menores, em um horizonte a partir da terceira semana de produção, mesmo que haja a necessidade de produzir componentes nas linhas de estamparia. Como o PMP é revisado semanalmente, a linha de solda não terá impactos significativos, com possíveis variações após duas semanas. A Figura 31 mostra um exemplo do PMP de um dos itens da família estudada.


05/03/2020					PERÍODO FIRME									
DADOS DO ITEM					Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
Segme	Cliente	CódItem			9/3					16/3				
nt														
	AU	GM	26286833	1-DEMANDA	288	264	312	288	288	288	264	336	264	288
	AU	GM	26286833	2-ORDENS FIRMES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AU	GM	26286833	3-PLANO SUGERIDO	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288
	AU	GM	26286833	4-EST. PROJETADO	288	312	288	288	288	288	312	264	288	288

Figura 31. PMP de um dos Itens da Família Estudada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se aqui um cenário do PMP buscando uma produção constante de 288 peças por dia, mesmo que haja uma pequena variação do número de peças em estoque de acabados, proveniente da variação da demanda do cliente, ou seja, a produção não é impactada pelas variações da demanda e o impacto no estoque de produto acabado, com estas pequenas quantidades a mais, não são relevantes. Planeja-se também, no PMP, uma manutenção do estoque do produto acabado próximo a um dia de cobertura da demanda. Adicionou-se um croqui do item, para fácil verificação na fábrica do item em questão, como sugestão oriunda da fábrica. Da mesma forma que para este produto, todos os demais itens soldados do segmento automotivo podem ter sua produção nivelada e planejada com a ferramenta do PMP.

### 5.2.3.2 Capacidade X Demanda

As políticas definidas no S&OP para a capacidade fabril é a de propor uma capacidade e demanda equilibradas, com aumento de capacidade somente após confirmação de novas demandas. Ainda, para os gargalos previamente selecionados, não há intenção de investimentos em novas máquinas, no intervalo de 02 anos. Com isso, a melhoria da eficiência destas máquinas torna-se fator chave no aumento da capacidade produtiva da empresa. Para a família de produtos automotivos, o gargalo é a linha de prensas *transfer*, que possui 03 centros de trabalho, com possibilidade de trabalho em 03 turnos. Porém, tendo em vista as dificuldades de acompanhamento atuais das áreas de apoio, tais como manutenção e ferramentaria no terceiro turno, opta-se pelo trabalho em dois turnos, com planos de melhorias na eficiência das máquinas, buscando atender a demanda. No caso de aumento da demanda, nesta família, é possível estudar a inclusão do terceiro turno, equacionando o aumento da receita com o aumento dos custos em times de apoio, neste turno extra. Para demais famílias de produtos, como a de produtos agrícola, tem-se uma definição de estratégia de capacidade distinta, na estamparia, com algumas máquinas tendo capacidade extra, para absorver variações na demanda e possíveis problemas de manutenção, qualidade, entre outras.

Para as prensas *transfer*, seguiu-se os passos sugeridos na seção 4.2.4.2:

#### **Demanda**

- a) Engenharia de manufatura revisou todos os produtos/componentes que utilizam as 03 prensas. Com este estudo, foram definidas peças que podem ser produzidas em máquinas alternativas (roteiros alternativos), em caso de problemas de capacidade. Estas opções só poderão ser acionadas, mediante solicitação de desvios internos de processo, para acompanhamento da área de engenharia de manufatura. Este pode ser um ponto adicional para as análises de capacidade e demanda em outras

aplicações, já tendo definições prévias de opções de máquinas, em casos de necessidade;

- b) Engenharia de manufatura revisou os tempos de ciclo dos produtos e componentes, reavaliando itens que não teriam, inicialmente, os tempos de ciclo planejados, por necessidade de melhoria nos ferramentais e sistemas de movimentação das peças. Mesmo parecendo, inicialmente, um passo simples, de menor impacto, com esta revisão, a demanda nesta linha gargalo aumentou aproximadamente 3%, com 11% dos produtos apresentando alguma necessidade de ajuste nos tempos de ciclo. A adoção desta estratégia capacitou a área de PPCP no sentido de torná-la apta para uma nova avaliação das demandas;
- c) Área de PPCP elaborou a análise da demanda dos produtos -  $tp \times q$  (onde **tp** é o tempo de ciclo e **q** a quantidade produzida do produto), conforme apresentado na Figura 32.

#### **Capacidade:**

- a) Área de PPCP e produção definiram o tempo total disponível para as 03 máquinas em dois turnos (Tempo disponível), conforme apresentado no capítulo 2.4, descontando as paradas já previstas com almoço, lanche, troca de turno, reunião de fechamento do turno e manutenção preventiva, totalizando 254 horas disponíveis;
- b) Área de produção realizou o cálculo de *OEE* da máquina, conforme apresentado no capítulo 2.4, pois, como já existia a definição deste gargalo, o mesmo possuía um acompanhamento diário das paradas previstas e não previstas e a eficiência diária de cada máquina. A eficiência calculada foi de 35%.
- c) Finalmente, área de PPCP analisou a capacidade e demanda dos recursos, conforme mostra a Figura 32. Percebe-se que a capacidade disponível atende as demandas, avaliando um horizonte de 15 semanas, que é o horizonte definido para avaliação do cenário nestas prensas. A

partir da semana 16, caso ocorrerem variações de demanda, pode-se agir para aumento da capacidade em tempo hábil. Nas semanas 29 e 32, que possuem demanda acima da capacidade, a área de PPCP deverá antecipar parte da produção para as semanas 28 e 31. Esta avaliação já pode indicar uma alteração, no próximo planejamento das quantidades, para ajuste desta demanda.

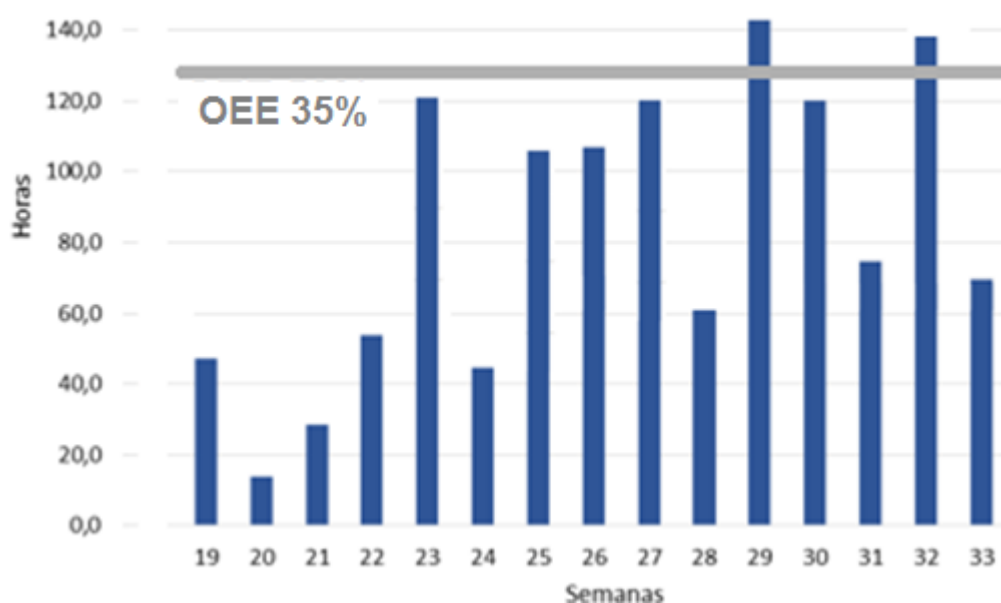


Figura 32. Avaliação de Capacidade e Demanda.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.3.3 Confirmação do Plano

A etapa de confirmação do plano, após a avaliação das capacidades da fábrica, consiste na atualização das quantidades definidas no PMP no sistema ERP da empresa. Após esta etapa, os programadores de produção e compras já terão as visões atualizadas das necessidades de compras e materiais, com a análise das mensagens automáticas (cancelar operação, postergar operação, antecipar operação, entre outras), das carteiras de pedidos junto a fornecedores (área de



compras) e dos nivelamentos e sequenciamento da produção de componentes na fábrica (programadores de produção).

### 5.2.3.3 Análise Crítica dos indicadores

Conforme apresentado na seção, 4.2.4.4, os indicadores de produção e do negócio devem trazer dados e informações para as principais metas da empresa, principalmente as definidas no S&OP como estratégias para o negócio. Além dos indicadores definidos nesta etapa, definiu-se ainda o indicador de aderência ao PMP, para que sinalize se as quantidades definidas estão sendo, de fato, produzidas e quais são as razões para o não cumprimento da programação, caso aplicado. Apresenta-se a lista de indicadores definidos:

- a) **Aderência ao PMP:** A Figura 33 apresenta o indicador de aderência ao PMP. Esta aderência considera o atendimento na data e na quantidade prevista. Caso a data não seja atendida, considera-se 0%. Em relação às quantidades, definiu-se que, em caso de atendimento parcial, este percentual de atendimento seria considerado. A frequência de medição e divulgação é diária, pela área de PPCP. A principal dificuldade para atendimento deste indicador na área de solda é a disponibilidade de componentes, onde a falta dos mesmos foi prejudicada pelo atraso na chegada de materiais. Com isso, este assunto foi adicionado à pauta da reunião de S&OP;



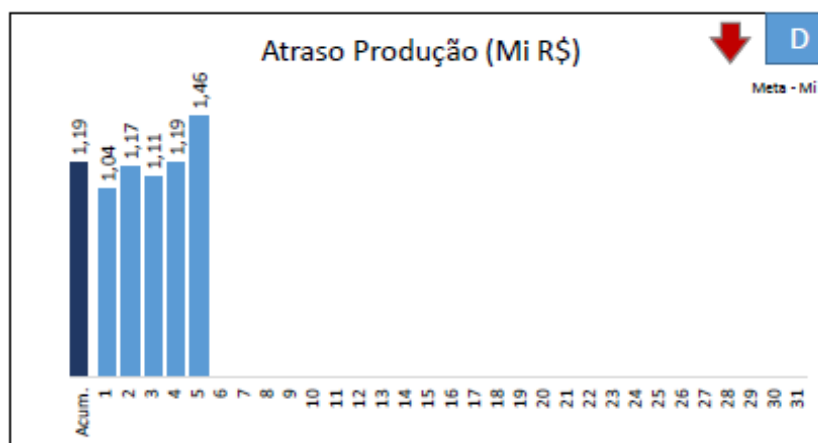


Figura 34. Exemplo de Medição do Atraso Diário.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A medição e divulgação do indicador é diária, pela área de PPCP. Percebe-se claramente que a concentração do atraso ocorre no segmento agrícola, que possui o maior número de componentes e centros de trabalho envolvidos. Da família estudada, o atraso permaneceu em nível mínimo;

- c) **Níveis de inventário: WIP, Acabados e Semi acabados:** Este indicador de níveis de inventário passou a ser medido e divulgado diariamente, pela área de PPCP, com o uso dos valores *standard* dos produtos. Mensalmente, a área de controladoria atualiza os custos reais dos produtos e divulga o indicador consolidado, com o fechamento do mês, trazendo inclusive os giros dos estoques. Com isso, faz-se uma avaliação, com a participação das áreas de controladoria, operações e produção, a nível diretivo, sobre o resultado alcançado e ações possíveis para melhoria. Nas reuniões de *S&OP*, a controladoria traz novamente estes dados, apresentando a consolidação do fechamento mensal e trabalhos direcionados para redução dos estoques, sem comprometer demais indicadores, como um possível aumento do atraso. As Figuras 35 e 36

mostram os indicadores de estoque com a medição diária e o fechamento dos valores mensais, respectivamente.

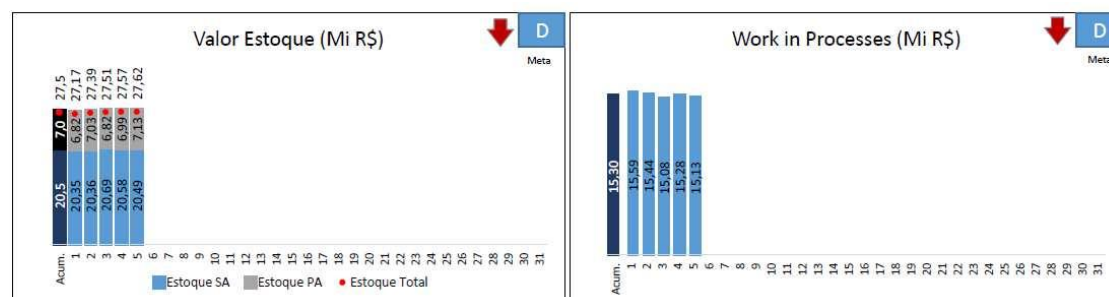


Figura 35. Indicadores Diários de Estoques da Empresa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

BRUNING TECNOMETAL				
ACOMPANHAMENTO DE ESTOQUES 2020				
	mar/20	Giro	abr/20	Giro
Prod.Acabados	3.849.207,84	2,79	2.413.742,28	6,87
	73.722,78	0,05	77.613,44	0,22
	2.155.930,06	1,56	2.183.870,23	6,22
	8.854.156,42	6,42	11.120.069,35	31,67
	456.935,92	0,33	408.246,77	1,16
WIP Produção	32.836.251,29	23,81	30.461.631,56	86,76
Semi-acabados	11.928.217,93	8,65	11.323.712,95	32,25
	3.540.193,85	2,57	3.904.963,71	11,12
	3.047.093,44	2,21	3.293.706,39	9,38
	2.151.315,43	1,56	1.948.017,62	5,55
	281.904,80	0,20	295.425,20	0,84

Figura 36. Indicador Mensal de Estoques da Empresa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- d) **Faturamento mensal:** O faturamento mensal é o indicador que define as metas de orçamento e metas de estoque possíveis. Estas metas são definidas com o percentual da receita líquida do mês ou do ano. O orçamento do ano e o plano para os estoques são projetados de acordo

com a receita líquida, até porque a maioria das contas e estoques oscilam de acordo com a variação nas vendas. O indicador de vendas passou a ser atualizado e divulgado semanalmente, pela área de PPCP, com horizonte de um ano. Anteriormente, estas previsões eram mensais. Porém, em virtude dos cenários de oscilações nas vendas em 2020, o indicador passou a ser monitorado semanalmente. Oscilações no patamar de faturamento incidirá diretamente nas metas de estoques e nas políticas e premissas que deverão ser adotadas no planejamento das quantidades do PMP e revisão dos parâmetros de produção. Ainda, este indicador serve de alerta para análises de capacidade e demanda, em casos de grandes alterações. A Figura 37 mostra o gráfico de acompanhamento semanal das vendas em 2020.

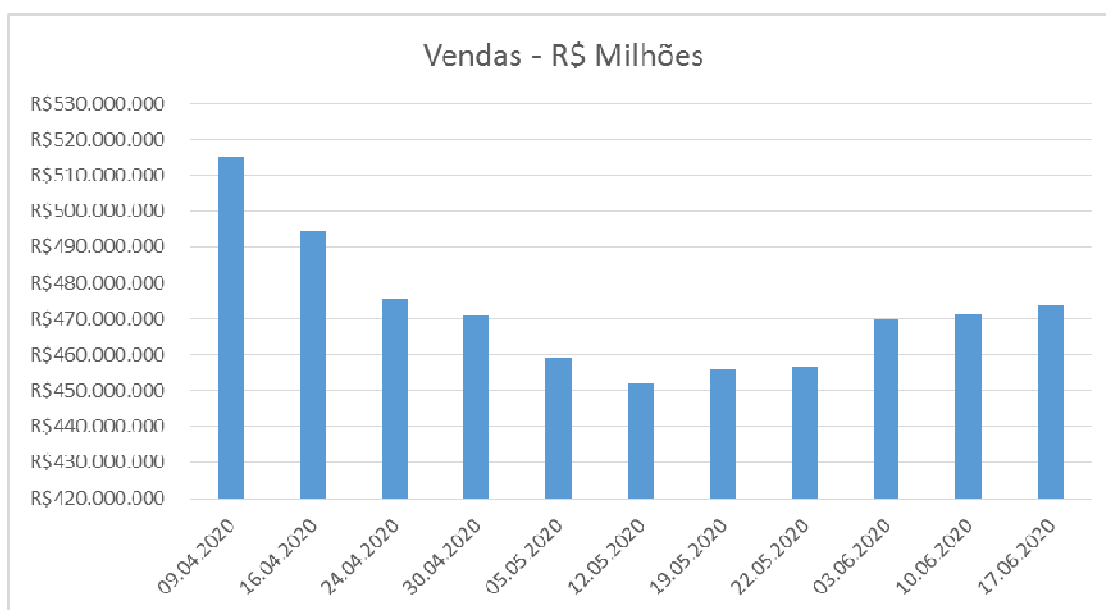


Figura 37. Indicador de Faturamento Anual.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.2.4 Ciclo de Revisão

O ciclo de revisão apresenta a revisão das famílias e dos parâmetros de produção. Com esta aplicação piloto, sugeriu-se a revisão dos parâmetros da família de itens automotivos, conforme escopo definido no capítulo 5.2.1. Estes parâmetros estão submetidos às metas de estoques e faturamento, definidas na etapa de *S&OP*. Em relação à revisão das famílias de produtos, sugeriu-se um estudo inicial de revisão de todos os produtos e processos produtivos, na busca de evidenciar possíveis clusters produtivos, considerando todos os produtos da empresa. Com isso, posteriormente, seria possível trabalhar na revisão das famílias de produtos. Como este número de produtos e processos é elevado, com uma ampla gama de centros de trabalho, encontraram-se dificuldades para a revisão das famílias. Mesmo com estas dificuldades na formação dos clusters, considerando o número geral de produtos da empresa, a família de itens automotivos ainda é o que possui um número de produtos menor e processos mais focalizados, facilitando a definição do gargalo e revisão de parâmetros desta família. A seguir, apresenta-se o detalhamento da revisão das famílias de produtos e dos parâmetros de produção.

### 5.2.4.1 Revisão das Famílias dos Produtos

Conforme mencionado, a definição da família automotiva, na empresa estudada, foi facilitada devido a um trabalho anterior realizado pela mesma, no início dos anos 2000, com a divisão dos segmentos de negócio, conforme apresentado na seção 5.1. Estes 04 segmentos distintos foram definidos basicamente pelo setor de atuação dos clientes, sendo eles:

- Segmento automotivo: Família selecionada para estudo deste trabalho, contém todos os itens fornecidos para automóveis. As características gerais desta família são os altos volume de peças, a produção dos componentes em uma bateria de prensas e prensas transfer, a soldagem dos conjuntos em uma linha específica de robôs de solda e itens fornecidos sem processos de pintura;

- Segmento rodoviário: Família de itens fornecidos para caminhões e ônibus, com volumes médios de fornecimento, com a utilização de diversas linhas de produção e recursos da fábrica, como linhas de estamparia, serras, linhas de usinagem, soldagem manual e soldagem robotizada, rebitagem de travessas de caminhões, linhas de soldagem de tanques em alumínio, linha de soldagem de reservatórios de ar e a pintura dos itens em pelo menos 04 linhas de pintura distintas;
- Segmento agrícola: Família de itens fornecidos para tratores, colheitadeiras e plantadeiras, com itens de médio e baixo volume, com um alto número de componentes de grandes conjuntos fornecidos, como picadores de palha, peneiras e eixos de colheitadeira, utilizando, assim como no segmento rodoviário, diversas linhas de estamparia, usinagem, solda e pintura de toda a fábrica;
- Segmento de construção: Família de itens fornecidos para máquinas de construção civil, com peças de baixo volume e alto valor agregado. Processos produtivos focalizadas em uma fábrica específica (Fábrica 2), com alguns processos de corte laser e dobra realizados na Fábrica 1. Itens que utilizam materiais de maior espessura, de 9,5mm a 60mm, com a soldagem, usinagem e pintura de conjuntos.

Pode-se perceber que as famílias de itens automotivos e itens de construção possuem já processos que podem ser considerados como focalizados, em uma fábrica ou linhas de produção específicas, tendo ainda algumas oportunidades de aumento desta focalização, como, por exemplo, no segmento de construção, a transferência dos processos de corte e dobra, realizados atualmente na Fábrica 1 ou ainda a retirada de processos produtivos de itens automotivos de linhas que competem com as famílias de itens rodoviários e agrícolas. Para as famílias de itens de caminhões e ônibus e para máquinas agrícolas, não há a focalização dos processos produtivos, o que traz um maior grau de complexidade na gestão da produção dos itens na fábrica, principalmente na área de estamparia, sendo responsável pela fabricação de componentes de alto, médio e baixo volume, de

diferentes clientes, que utilizam os mesmos recursos como prensas, linhas de corte, dobra e usinagem.

A Figura 38 mostra um estudo realizado para focalização dos produtos destas famílias, com o objetivo da identificação de clusters para um possível agrupamento e com oportunidades de divisões em subfamílias de itens.



Figura 38. Representação do Estudo da Formação de *Clusters* por Centros de Trabalho.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este estudo considerou todos os conjuntos das famílias de itens rodoviários e agrícola, com a identificação de todos os centros de trabalho em que os componentes são produzidos, com a consulta de cada processo produtivo. Posteriormente, esta matriz de identificação dos centros de trabalho por componente foi agregada aos conjuntos aos quais estes componentes pertencem, ou seja, todos os centros de trabalho onde estes componentes são produzidos, foram elevados ao nível dos conjuntos, com o objetivo de agrupar conjuntos que possuem processos produtivos similares e que utilizam os mesmos recursos. Na imagem, a coluna à esquerda contém todos os conjuntos produzidos e fornecidos nestas duas famílias e, em cada coluna, um centro de trabalho distinto por onde cada componente é produzido. Este estudo contabilizou 677 centros de trabalho e 1732 conjuntos. Em cada centro de trabalho em que o conjunto possui alguma operação de algum



componente, identifica-se a coluna em cinza escuro. Com isso, percebe-se as dificuldades do cenário atual da formação de clusters para uma nova divisão de famílias de produtos e a complexidade com número de componentes e centros de trabalho existentes.

Da mesma maneira que para centros de trabalho, realizou-se o estudo da possibilidade da formação de clusters pelas linhas de fabricação, ou seja, como uma linha possui diversos centros de trabalho, há a possibilidade de um possível agrupamento considerando um nível acima dos centros de trabalho, com o agrupamento de linhas produtivas. Desta vez, contabilizou-se 64 linhas produtivas, ou seja, 9,45% do número de centros de trabalho e o mesmo número de conjuntos e componentes. A Figura 39 mostra como realizou-se a montagem do estudo.

Segmento	Cliente	CódCliente	Produto	Fábrica																											
				Setor																											
				FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI
EST	EST	EST	PNT	PNT	SLD	PNT	SLD	EST	SLD	SLD	SLD	EST	EST	PNT	EST	SLD	MTG	PNT	PNT	EST	EST	EST	EST	PNT	PNT	EST					
L01	L02	L03	L95	L73	L46	L75	L54	L05	L48	L64	L56	L06	L09	L74	L16	L45	L89	L76	L96	L12	L13	L14	L20	L77	L78	L08					
AG	JD	400	00400-AXE64794																												
AG	JD	400	00400-AXE64796																												
AG	JD	400	00400-AXE64798																												
AG	JD	475	00475-AXE29457																												
AG	JD	475	00475-AH202498																												
AG	JD	475	00475-AH139391																												
AG	JD	400	00400-AXE48757																												
AG	JD	400	00400-AXE64802																												
AG	CNH	300	00300-47674904																												
AG	JD	400	00400-AXE64800																												
RO	VOLVO	1255	01255-84228567																												
RO	SCANIA	7400	07400-1448883																												
RO	SCANIA	7458	07458-1448883																												
AG	CNH	1900	01900-73402725																												
AG	CNH	1970	01970-73402725																												
RO	SCANIA	7400	07400-1357950																												
RO	SCANIA	7400	07400-2428283																												
RO	SCANIA	7458	07458-1357950																												
RO	DAF	9300	09300-1955769																												
RO	VOLVO	1200	01200-20948174																												

Figura 39. Divisão de Linhas e Produtos para estudo da Formação de *Clusters* por Linhas de Produção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Existem 04 colunas para seleção: o segmento ou família ao qual o item pertence, o cliente específico, o código deste cliente e o produto. Cada linha de produção está representada em uma coluna. Ainda, da mesma forma que para o estudo por centros de trabalho, em cada linha que um dos componentes de um

produto possuir uma operação, marca-se a mesma em cinza. A Figura 40 mostra uma representação do resultado obtido.

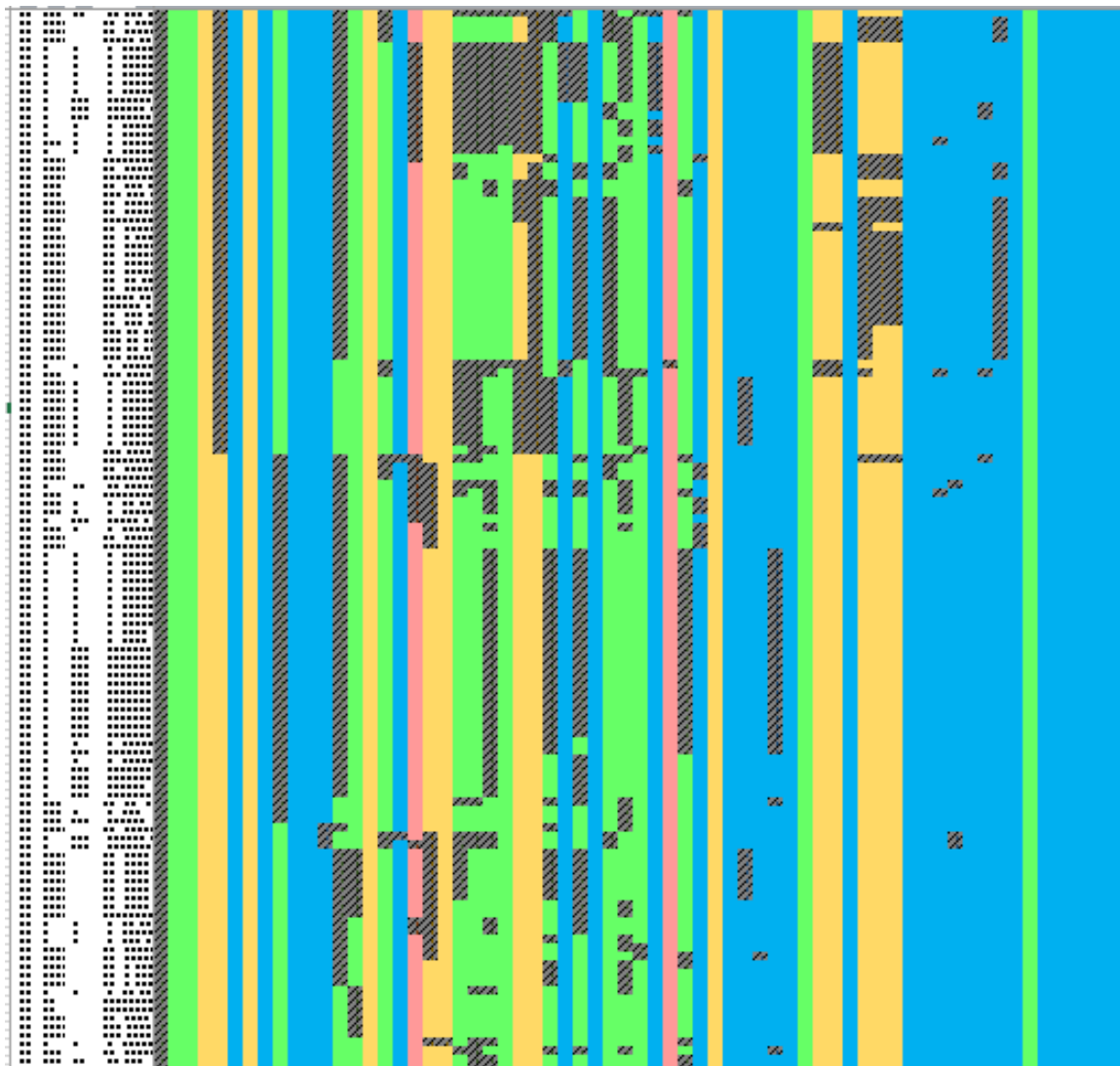


Figura 40. Representação do Estudo da Formação de *Clusters* por Linhas de Produção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo com a identificação das linhas produtivas e não mais centros de trabalho, ainda não foi possível identificar clusters para uma nova divisão de famílias de produtos, mostrando novamente a complexidade no número de componentes e o número de processos produtivos existentes na empresa.

Como não foi possível seguir com possíveis novas famílias de produtos, com a identificação de clusters, seguiu-se a aplicação do artefato na família de produtos automotivos, previamente selecionada. A seção 5.2.4.1 apresentará a revisão dos parâmetros de produção desta família, considerando o gargalo de produção na linha de prensas transfers, conforme já evidenciado na análise de capacidade e demanda. Este conjunto de prensas possuem um alto valor de investimento em caso de necessidade de novas aquisições de máquinas. Além disso, são objeto de estudos para a excelência operacional em geral e para as melhorias do IROG das máquinas, em particular.

#### **5.2.4.2 Revisão dos Parâmetros de Produção**

A revisão dos parâmetros da família selecionada buscou seguir os passos elencados no capítulo 4.2.5.2, iniciando pela preparação dos dados e, posteriormente, pelas definições de regras e parâmetros de produção. Como o segmento automotivo da empresa estudada possui um fluxo produtivo com basicamente 04 linhas de produção, esta focalização dos produtos desta família auxilia na análise e definição dos lotes de produção e na identificação de CCRs e do gargalo. Esta família de produtos possui os processos produtivos no desbobinador, prensas transfer, prensas hidráulicas e guilhotina. A seguir, é apresentado o passo a passo realizado:

- Passo 1: elaboração da lista mestre de todos os componentes do segmento automotivo, conforme colunas “Componente” e “Texto breve de material” no Quadro 14.
- Passo 2: agrupar os componentes que são utilizados em mais de um conjunto. Vale ressaltar que, para esta família de produtos, o mesmo componente não é aplicado em mais de um conjunto, como ocorre nos segmentos rodoviário, agrícola e de construção. Então, este passo

serviu apenas como revisão para verificar a veracidade desta premissa;

- Passo 3: identificada a demanda média mensal de cada componente, com horizonte mínimo de 08 meses, como sugerido no método. A média de demanda considerou as quantidades apresentadas na programação do cliente, de maio a dezembro de 2020. O resultado está representado na coluna “Demanda mensal média no Quadro 14;
- Passo 4: verificado com área de Engenharia de Manufatura e área Comercial se algum componente tinha previsão de phase out (eliminação ou final de produção) e ou alteração prevista. Nenhum dos itens listados apresentou alterações ou final de produção previsto. Esta família de peças apresenta diversos itens novos, iniciados no final de 2019, para um novo projeto do cliente. A coluna “Phase out” do Quadro 14 contém estas informações. Além desta coluna, incluiu-se uma coluna adicional de observações relevantes sobre alguns componentes, que são importantes para as definições do planejamento peça a peça. Esta melhoria foi identificada pela área de PPCP da empresa e deverá ser considerada na melhoria do método M0. Como exemplo, caso não se respeite a existência de peças gêmeas, pode-se definir lotes de produção ou múltiplos de embalagem diferentes para peças que são produzidas em pares;
- Passo 5: inserido o custo unitário de cada componente, considerando o custo contábil informado pela área de Contabilidade da empresa. O custo não considera impostos. A coluna “Custo unitário” do Quadro 14 contém estas informações;
- Passo 6: realizada a revisão dos múltiplos de todos os componentes da família que já possuíam múltiplo de embalagem definido, ilustrada no coluna “Múltiplo” do Quadro 14;
- Passo 7: realizada a revisão de todos os centros de trabalho ou linha de produção onde os componentes são produzidos. O Quadro 14 contém 04 colunas que apresentam os 04 centros de trabalho onde os

produtos são manufaturados, desde o início do processo nos desbobinadores e guilhotinas até as últimas operações de conformação nas prensas transfer e prensas hidráulicas. Em cada centro de trabalho que o componente possui uma operação, marcou-se um “X”. Todos os componentes possuem uma operação inicial nos desbobinadores, pois todos os materiais utilizados são adquiridos em bobinas, as quais precisam ser cortadas em chapas (para posterior corte em guilhotina) ou já processadas em blanks das peças, para alimentação das prensas;

Com estes 07 passos elaborados, criou-se o Quadro 14. Na sequência, apresenta-se uma parte do mesmo, ilustrando como é realizada a montagem e apresentação dos dados.

Quadro 14. Dados dos Componentes para o Planejamento Peça a Peça.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Componente	Texto breve de material	Demanda mensal média	Phase out	Custo unitário	Observações	Múltiplo	CT1 Desbobinador	CT2 Transfers	CT3 Prensas L03	CT4 Guilhotinas
22183738C	Barra de Torção	-	Não	R\$17,48	Reposição	-	X		X	X
26224614C	Travessa Superior	8880	Não	R\$9,74	-	-	X	X	X	X
26224617C	Rebrço da Extensão	8880	Não	R\$8,51	-	-	X	X		
26228203C	Arco de Cobertura	6000	Não	R\$8,75	-	500	X		X	
26228205C	Arco Central	5880	Não	R\$2,28	-	800	X	X		
26234245C	Rebrço do Teto NB	9100	Não	R\$1,88	-	518	X	X		X
26236110C	Arco Traseiro	12600	Não	R\$1,60	-	940	X	X		
26236113C	Arco Central	6240	Não	R\$1,87	-	2080	X	X		
26240438C	Travessa	9500	Não	R\$10,97	-	-	X		X	
26240439C	Suporte Esquerdo	9500	Não	R\$3,20	-	-	X		X	
26240440C	Suporte Direito	9500	Não	R\$3,20	-	-	X		X	
26240441C	Reforço Esquerdo	9080	Não	R\$1,80	Gemeas	-	X	X		
26240442C	Rebrço Direito	9080	Não	R\$2,84		-	X	X		
26240444C	Reforço Esquerdo	9080	Não	R\$1,46	Gemeas	-	X	X		
26240445C	Rebrço Direito	9080	Não	R\$1,05		-	X	X		
26240446C	Reforço Esquerdo	9080	Não	R\$1,99	Gemeas	-	X	X		
26240447C	Rebrço Direito	9080	Não	R\$0,90		-	X	X		
26240448C	Reforço Esquerdo	9080	Não	R\$5,28	Gemeas	-	X	X	X	
26240449C	Rebrço Direito	9080	Não	R\$2,35		-	X	X	X	
26240450C	Reforço Esquerdo	9080	Não	R\$1,80	Gemeas	-	X	X		
26240451C	Rebrço Direito	9080	Não	R\$2,84		-	X	X		

Como mostra o cenário acima, apenas um item é de reposição, com demandas sazonais. Os demais itens possuem demandas regulares, com quantidades variando de 5880 a 12600 peças. Este segmento possui a característica de ter as maiores demandas da empresa e com variações menores, visualizando um cenário de médio prazo. Verifica-se ainda que todos os componentes iniciam seu processo de produção no desbobinador e que a maioria deles são produzidos nas prensas transfer.

Após a realização dos passos de preparação dos dados, partiu-se para a definição das regras de planejamento dos lotes de produção dos componentes, pela área de PPCP, mais precisamente pelo programador de produção destes itens, em conjunto com a supervisão de produção de solda e estamparia, com a revisão final do supervisor de PPCP e gerentes das duas áreas. Vale ressaltar que o gargalo desta família é a linha de prensas transfer, ou seja, este será um dos principais pontos para definição dos lotes produtivos, conforme descrito, a seguir, no passo 3. A seguir, segue o passo a passo realizado, conforme proposto na seção 4.2.5.2.2:

- Passo 1: em relação aos múltiplos de embalagem de cada componente, não ocorreram alterações, dado que eles já foram analisados e definidos no desenvolvimento dos itens, pela Engenharia de Manufatura e, testados, nas ordens de produção iniciais;
- Passo 2: verificado todos os componentes que possuem demandas únicas e/ou sazonais, definido um item com estratégia de produção MTO, ou seja, somente produzir quando houver demanda, devido a ser um item do mercado de reposição. A Coluna “Estratégia” do Quadro 15 ilustra esta definição e a coluna de “Observações” contém este item com a informação do mercado de reposição;
- Passo 3: definição das regras de produção para componentes MTS: As três variáveis principais consideradas para definição do parâmetro do tamanho de lote foram: tempo de setup de cada componente, principalmente nas prensas *transfers*, que possuem maior tempo de setup e que são o gargalo do segmento automotivo (conforme citado

no tópico 4.2.5.2.2 “a”); o custo do lote, por já ter-se a definição, da reunião de S&OP, de um objetivo de redução dos estoques na fábrica; a cobertura da demanda (em dias), para que não ultrapassasse o limite de 30 dias de cobertura, devido a possibilidade de oxidação das peças e também pela limitação de embalagens existentes e espaço para estocagem de componentes na linha de solda. A coluna “Cobertura em dias” ilustra a cobertura total de cada componente, não ultrapassando o limite de 30 dias. Destaca-se ainda a possibilidade, se necessário, da redução do lote dos itens 26224514C e 26224517C, caso a decisão seja de uma nova redução do WIP;

- Passo 4: definido e preenchido o Quadro 15 nas colunas “Lote”, “Cobertura em dias” e “Custo do Lote”, para todos os itens com estratégia MTS, para que os mesmos pudessem ser carregados no sistema MRP da empresa;
- Passo 5: após a definição dos lotes, é realizada uma reunião envolvendo o PPCP e produção, para explanação de cada passo adotado e a apresentação dos resultados, com a entrega do relatório a cada supervisor de produção (estamparia e solda do segmento automotivo) para a revisão dos mesmos, com prazo de 05 dias úteis. Cabe ressaltar que o passo 6 e o passo 7 também já foram agregados ao passo 5, com a revisão dos tempos de *setup*, tempo de produção dos lotes, possíveis restrições de embalagens e horizonte de cobertura de demanda (ponto de melhoria identificado no método). Os itens 26240438C, 26240439C e 26240440C, com lote e cobertura destacados em vermelho na planilha, tiveram uma definição de cobertura de 5 dias, devido restrições de embalagem. Estes lotes passarão por novas revisão de cobertura, com a finalização da produção de novas embalagens. Esta necessidade de embalagens não havia sido identificada no desenvolvimento inicial dos itens;
- Passo 8: o PMP dos itens automotivos, na linha de solda, considera o prazo de 8 semanas, com as quantidades diárias definidas. Para a

elaboração do PMP, o programador de solda já confere, antecipadamente, o saldo de componentes estampados, ou seja, em caso de qualquer falta de componentes, o PMP é revisado. Os itens que podem apresentar maior risco de falta são os que possuem cobertura de 05 dias;

- Passo 9: o Quadro 15 foi apresentado para área de compras e financeira, para avaliação dos parâmetros definidos e a apreciação dos custos dos lotes dimensionados. Não foram indicadas modificações nesta etapa.

Com os passos supracitados executados, apresenta-se o Quadro 15, que contém as definições de parâmetros de cada componente.

Quadro 15. Dimensionamento dos Lotes para o Planejamento Peça a Peça.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Componente	Texto breve de material	Phase out	Observações	Lote Múltiplo	Cobertura em dias	Custo do lote	Estratégia
22183738C	Barra de Torção	Não	Reposição	150	-	R\$2.622,00	MTO
26224514C	Travessa Superior	Não	-	5400	18	R\$52.596,00	MTS
26224517C	Reforço da Extensão	Não	-	5400	18	R\$45.954,00	MTS
26228203C	Arco de Cobertura	Não	-	4000	20	R\$35.000,00	MTS
26228205C	Arco Central	Não	-	5600	29	R\$12.656,00	MTS
26234245C	Reforço do Teto NB	Não	-	6192	20	R\$10.278,72	MTS
26236110C	Arco Traseiro	Não	-	6580	16	R\$10.528,00	MTS
26236113C	Arco Central	Não	-	6240	30	R\$11.668,80	MTS
26240438C	Travessa	Não	-	1680	5	R\$18.429,60	MTS
26240439C	Suporte Esquerdo	Não	-	1680	5	R\$5.376,00	MTS
26240440C	Suporte Direito	Não	-	1680	5	R\$5.376,00	MTS
26240441C	Reforço Esquerdo	Não	Gemeas	5000	17	R\$9.000,00	MTS
26240442C	Reforço Direito	Não		5000	17	R\$14.200,00	MTS
26240444C	Reforço Esquerdo	Não	Gemeas	5000	17	R\$7.300,00	MTS
26240445C	Reforço Direito	Não		5000	17	R\$5.250,00	MTS
26240446C	Reforço Esquerdo	Não	Gemeas	5000	17	R\$9.950,00	MTS
26240447C	Reforço Direito	Não		5000	17	R\$4.500,00	MTS
26240448C	Reforço Esquerdo	Não	Gemeas	5000	17	R\$26.400,00	MTS
26240449C	Reforço Direito	Não		5000	17	R\$11.750,00	MTS
26240450C	Reforço Esquerdo	Não	Gemeas	5000	17	R\$9.000,00	MTS
26240451C	Reforço Direito	Não		5000	17	R\$14.200,00	MTS



### 5.2.5 Nivelamento Diário

Com as definições do *S&OP*, juntamente com as projeções de demanda de cada produtos e componentes, aliados à definição das quantidades a se produzir no PMP e do dimensionamento dos parâmetros para fabricação dos componentes, parte-se para a última etapa do método, com o nivelamento diário da produção de componentes. Na instanciação do artefato, o horizonte definido foi de uma semana, para que à área de produção possa planejar os recursos necessários para produção dos itens com brevidade, como, por exemplo, disponibilizar o ferramental necessário e os materiais específicos dos componentes.

Para uma melhor visualização dos componentes a serem produzidos na fábrica, criou-se um quadro Heijunka (nome do quadro e uso da terminologia ainda estava em revisão), alocado na linha responsável. Definiu-se um horário fixo para revisão do quadro, contendo os seguintes passos:

- Revisão do dia anterior, com a verificação das quantidades produzidas e atendimento ao planejamento;
- Lançamento de ações de curto prazo no quadro, com ação, responsável e data;
- Levantamento de ações de maior prazo ou com a necessidade de demais áreas, para alimentação da etapa de excelência operacional. Aqui identifica-se uma melhoria no método M0 apresentado: Da mesma maneira que para a etapa de capacidade e demanda, a etapa de programação e nivelamento diário poderá trazer inputs para esta etapa de excelência operacional. Dados do quadro de nivelamento, com uma análise do previsto e realizado em dias produtivos, poderá trazer informações importantes para análise e tratativa, como, por exemplo, a diferença de produtividade entre turnos e um resultado diário da produção realizada abaixo do planejado, indicando uma menor eficiência do ativo ou ativos em questão. Esta melhoria será apresentada na versão M1 do método, na seção 5.3.

- Apresentação do nivelamento diário planejado para os próximos dias, pelo programador de produção e análise de alterações necessárias, em caso de restrições de ferramental, materiais, entre outras.

O Quadro 16 apresenta o modelo de nivelamento diário adotado para os componentes automotivos.

Quadro 16. Modelo de Nivelamento Diário para Componentes Automotivos.  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

QUADRO HEIJUNKA													
Transfer 01							Transfer 02						
hora	Segunda Cód./Qde	Terça Cód./Qde	Quarta Cód./Qde	Quinta Cód./Qde	Sexta Cód./Qde	Sabado Cód./Qde	hora	Segunda Cód./Qde	Terça Cód./Qde	Quarta Cód./Qde	Quinta Cód./Qde	Sexta Cód./Qde	Sabado Cód./Qde
00:00							00:00						
01:00							01:00						
02:00							02:00						
03:00							03:00						
04:00							04:00						
05:00							05:00						
06:00							06:00						
07:00							07:00						
08:00							08:00						
09:00							09:00						
10:00							10:00						
11:00							11:00						
12:00							12:00						
13:00							13:00						
14:00							14:00						
15:00							15:00						
16:00							16:00						
17:00							17:00						
18:00							18:00						
19:00							19:00						
20:00							20:00						
21:00							21:00						
22:00							22:00						
23:00							23:00						
24:00							24:00						
25:00							25:00						
26:00							26:00						
27:00							27:00						
28:00							28:00						
29:00							29:00						
30:00							30:00						
31:00							31:00						
32:00							32:00						
33:00							33:00						
34:00							34:00						
35:00							35:00						
36:00							36:00						
37:00							37:00						
38:00							38:00						
39:00							39:00						
40:00							40:00						
41:00							41:00						
42:00							42:00						
43:00							43:00						
44:00							44:00						
45:00							45:00						
46:00							46:00						
47:00							47:00						
48:00							48:00						
49:00							49:00						
50:00							50:00						
51:00							51:00						
52:00							52:00						
53:00							53:00						
54:00							54:00						
55:00							55:00						
56:00							56:00						
57:00							57:00						
58:00							58:00						
59:00							59:00						
60:00							60:00						
61:00							61:00						
62:00							62:00						
63:00							63:00						
64:00							64:00						
65:00							65:00						
66:00							66:00						
67:00							67:00						
68:00							68:00						
69:00							69:00						
70:00							70:00						
71:00							71:00						
72:00							72:00						
73:00							73:00						
74:00							74:00						
75:00							75:00						
76:00							76:00						
77:00							77:00						
78:00							78:00						
79:00							79:00						
80:00							80:00						
81:00							81:00						
82:00							82:00						
83:00							83:00						
84:00							84:00						
85:00							85:00						
86:00							86:00						
87:00							87:00						
88:00							88:00						
89:00							89:00						
90:00							90:00						
91:00							91:00						
92:00							92:00						
93:00							93:00						
94:00							94:00						
95:00							95:00						
96:00							96:00						
97:00							97:00						
98:00							98:00						
99:00							99:00						
100:00							100:00						

PENDÊNCIAS		
AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA

O indicador da quantidade prevista e realizada e o controle do estoque projetado ficou a cargo do programador da produção, com o lançamento deste estoque e da cobertura alcançada no relatório de acompanhamento dos saldos de

componentes nos supermercados e/ou depósito onde os componentes são alocados, conforme proposto na seção 4.1.7. Este relatório adicional lista todos os componentes existentes, saldos atualizados e a demanda futura de cada componente, facilitando a elaboração e planejamento do nivelamento diário para os próximos períodos. O Quadro 17 apresenta um exemplo do controle adotado pela área de PPCP da empresa para componentes desta família.

Quadro 17. Relatório de Saldos e Demandas de Componentes Automotivos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

COMPONENTE	CONJUNTO	ESTOQUE PEÇAS	DEMANDA DIARIA	COBERTURA (DIAS)
26224514C	26293454C	1028	600	2
26224517C		10035	600	17
26234998C		6782	600	11
26234999C		6782	600	11
26240450C	26312742C	6325	466	14
26240451C		5251	466	11
26240453C		2719	466	6
26240454C		8626	466	19
26240455C		4981	466	11
26240456C		5977	466	13
26240441C	26312740C	3743	466	8
26240442C		4044	466	9
26240444C		5598	466	12
26240445C		11544	466	25
26240446C		2962	466	6
26240447C		5450	466	12
26240448C		1326	466	3
26240449C		4767	466	10
26287815C		862	466	2

### 5.3 MELHORIAS IDENTIFICADAS E APRESENTAÇÃO DO MÉTODO M1

Esta seção do trabalho visa apresentar a versão M1 do artefato proposto, após instanciação na empresa selecionada, conforme previamente apresentado no método de trabalho. O teste piloto do artefato na Bruning, permitiu averiguar se o caminho de etapas definidas poderia ser seguido e, também, para que a sequência de análises e tomadas de decisão, a cada etapa, estivesse claramente definida. O número elevado de produtos e componentes, a quantidade ampla de centros de trabalho e diferentes famílias de produtos, adicionados ao fator de demandas oscilantes, formaram um ambiente propício para aplicação do artefato elaborado. Além disso, a participação dos times de PPCP e produção, na empresa, foram fundamentais para possibilitar a aplicação do artefato.

Uma das questões mais relevantes desta aplicação piloto foi o planejamento das quantidades no PMP, na seção 5.2.3.1, tendo o congelamento de duas semanas para a produção. Mesmo não sendo um período de quatro semanas, conforme proposto, as duas semanas congeladas, como horizonte mínimo, cumprem o objetivo de proporcionar maior estabilidade a fábrica. Um segundo ponto de atenção é a de testar a abordagem da capacidade e demanda, identificando o gargalo da família de produtos selecionado e antevendo possíveis restrições de capacidade, não liberando planos impossíveis para a fábrica. Uma das principais dificuldades da aplicação se deu nas etapas iniciais, como a de *S&OP*, com a definição de metas em reuniões distintas. Isto ocorreu devido a impossibilidade da realização da reunião, devido às restrições de agenda causados pelas reduções de jornada, impostas pelo cenário do Coronavírus.

Em relação às principais melhorias identificadas durante a aplicação do artefato na empresa, merece destaque a seção 5.2.5, que trata do nivelamento diário das quantidades programadas. Da mesma maneira que para a etapa de capacidade e demanda, a etapa de programação e nivelamento diário também poderá trazer inputs para a etapa de excelência operacional. Sendo assim, nesta nova versão do método, há uma nova indicação destes *inputs* para a etapa de excelência operacional, ilustrado na Figura 41.

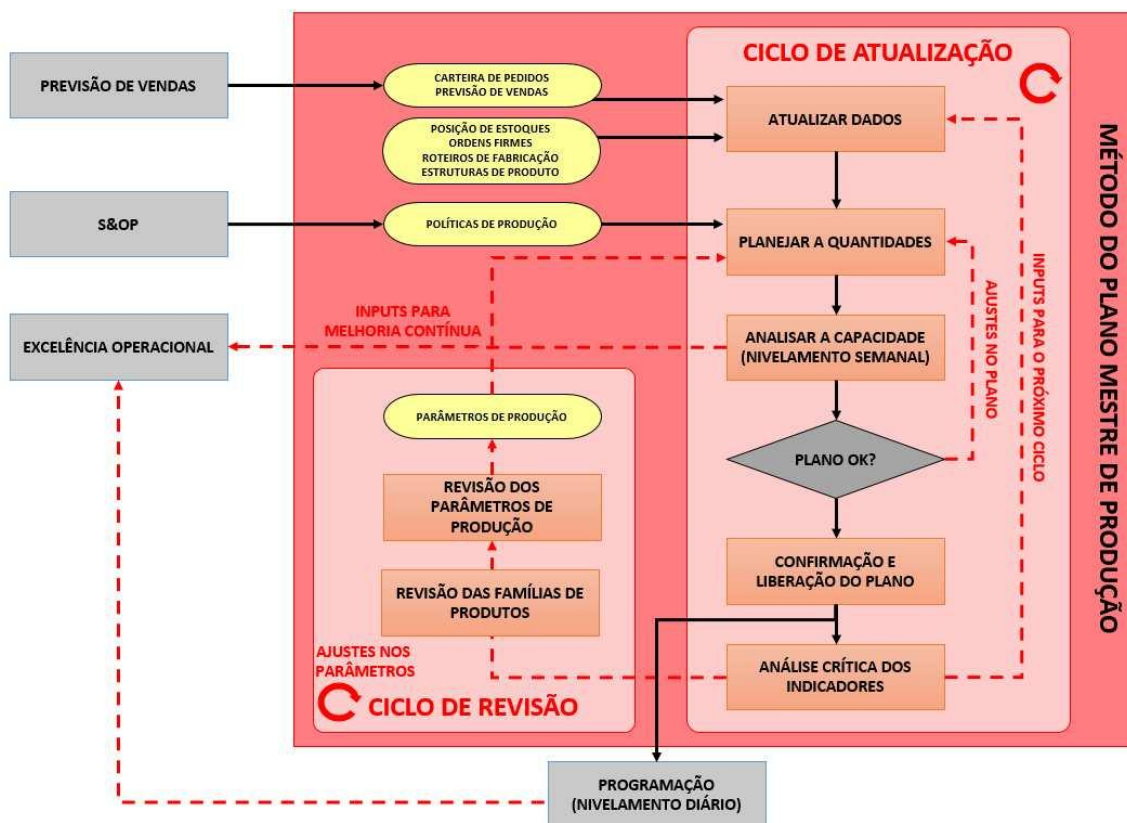


Figura 41. Método M1 Revisado após Instanciação na Empresa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A segunda melhoria apresentada é a união dos passos 5, 6 e 7 na seção 4.2.5.2.2, na revisão dos parâmetros, pois são atividades que podem ser realizadas conjuntamente. Uma terceira melhoria identificada corresponde à seção 5.2.3.2, na revisão das demandas em um centro de trabalho específico. Sugere-se o cadastro em processo ou meio alternativo (que pode variar de empresa para empresa) de máquinas alternativas, em caso de gaps de capacidade ou uma quebra de máquina, por exemplo, para que se possa atender as demandas previstas. Assim, é possível fazer uma identificação prévia de máquinas alternativas, podendo inclusive testá-las na prática, se necessário, evitando que estes passos sejam elaborados durante um período mais críticos, quando não há capacidade disponível.

A última melhoria a apresentar foi identificada na seção 5.2.4.1, no passo 4. Além da verificação de produtos e componentes em final de projeto, incluiu-se uma

coluna adicional de observações relevantes, que são importantes para a revisão dos parâmetros de produção, como a existência de peças pares, peças produzidas ao mesmo tempo em etapas do processo produtivo, dentre outras. Sem estas observações, pode-se avaliar parâmetros distintos, como o lote de produção, para peças que precisam da mesma configuração de parâmetros de produção.

Estas foram as melhorias identificadas na aplicação do artefato na Bruning Tecnometal Ltda. Como passo seguinte deste trabalho, apresenta-se a seguir a análise crítica do método, por um grupo de especialistas, com a realização de um Grupo Focal.

## 6 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO PELO GRUPO FOCAL

Neste capítulo apresenta-se a avaliação do artefato, realizada com o uso do Grupo Focal. Após a análise das colocações dos participantes, apresenta-se a versão M2 do artefato.

### 6.1 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DO ARTEFATO PELO GRUPO FOCAL

A avaliação foi iniciada pela apresentação do artefato pelo pesquisador. O evento foi realizado e gravado pelo *software Microsoft Teams*. Na parte introdutória, apresentou-se as divergências encontradas entre o plano estratégico e a programação da produção, conforme Dauzere Pérés e Lassere (2002). Ainda, citou-se a complexidade de ambientes fabris com elevado número de componentes, restrições de capacidade e variações de demanda. Depois, apresentou-se alguns trabalhos já existentes sobre PMP e PHP, conforme já descrito na RSL, como os estudos com foco em regras de tamanho de lotes (ZHAO et al., 1995), modelos de programação com heurísticas pré-definidas (ENGLBERGER et al., 2016) e períodos de congelamento do PMP (SRIDHARAN et al., 1987; YEUNG et al., 2003). Logo após, o pesquisador apresentou os objetivos (geral e específicos) do trabalho, conforme seção 1.3 e, posteriormente, as delimitações do trabalho, conforme seção 1.4.

Em seguida, apresentou-se um resumo da RSL, voltados ao PMP e PHP, como o artefato similar proposto por Meybodey e Foote (1995), conforme mostra a seção 2.1 Logo após, explanou-se sobre o método de trabalho utilizado, conforme seção 3. Ainda, mostrou-se como foi feita a aplicação do artefato, com a contextualização do ambiente de aplicação, conforme seção 5.1 e, por fim, a apresentação do artefato em si, conforme seção 4, explanando sobre os ciclos de atualização e revisão, com cada etapa que compõe os mesmos e, ainda, os dados de entrada, como o *S&OP* e a previsão de vendas e como geram-se os *inputs* para a excelência operacional. O tempo total para a apresentação inicial do pesquisador foi de 26 minutos. Logo após, abriu-se espaço para o debate entre os participantes,



com a mediação coordenada pelo orientador. Após as citações de dois participantes, o pesquisador poderia responder as citações, para que não fossem acumuladas diversas citações distintas, para discussão apenas no final do debate. A seguir apresenta-se as principais contribuições dos participantes, analisadas pelo pesquisador, com comentários sobre cada uma delas. O grupo focal teve a duração total de aproximadamente 123 minutos. Dividiram-se as colocações em tópicos relacionados à estrutura do artefato, conceitos abordados e atuação dos profissionais.

#### Estrutura do Artefato:

a) O profissional 2 elogiou o artefato, em relação a sua estrutura: "...eu gostaria de elogiar a figura, o artefato montado, acho que ficou bem objetivo, claro que ele precisa ser detalhado em vários pontos, mas acho que, como síntese da ideia geral, ele ficou bem interessante...".

Não há comentários adicionais sobre esta citação.

b) O profissional 5 mencionou, referindo-se à apresentação do artefato, sem a presença de todos os passos: "...não fica evidente, de fato, estes passos, estes detalhamentos, e isso pode ser uma questão que gera dúvidas".

O autor explana que a apresentação foi feita de maneira resumida, não sendo possível trazer todos os passos descritos no método. Porém, todos estes passos estão descritos, conforme apresentado na seção 4 deste trabalho.

c) O profissional 1 comentou: "...se a gente pensar no ciclo de revisão... que você está revisando as famílias, você vai detectar, através dos indicadores, através de todo o contexto, dos indicadores, você vai detectar as necessidades de melhoria nas famílias, pra mim faz sentido então sair uma seta da revisão das famílias de produto imputando pra a excelência operacional, ou seja, você está identificando que uma determinada família

de produto está com *lead time*, ou tem uma necessidade de fazer um *Value Stream Map* e reduzir seu *lead time*, por exemplo, vai gerar de novo um *input* para excelência operacional”.

Esta sugestão foi adotada pelo autor (o novo artefato é apresentado na seção 6.2), visto que, traz maior facilidade na elaboração do próprio PMP. Ainda, estas melhorias, em uma determinada família de produtos, poderão resultar em uma maior flexibilidade de atendimento, uma maior capacidade fabril, *lead times* menores, entre outras oportunidades. Pode-se, inclusive, analisar o gargalo identificado, buscando melhorias operacionais ou, até mesmo, pode-se trabalhar na revisão dos produtos, com a realocação de itens em outras famílias de produtos ou alocar novos produtos nesta família, caso haja ociosidade.

#### Conceitos abordados pelo artefato:

- a) O profissional 4 mencionou, referindo-se a não clareza dos objetivos do artefato que: “...todos os trabalhos devem ter foco para a melhoria da fábrica, a melhoria do processo, a melhoria da operação lá, então, se tu quer fazer um artefato de PCP, que vem do PHP, do PMP, ele deve estar sendo feito para estabilizar a fábrica. Em algum momento me pareceu que ele quer estabilizar o processo de programação, então não sei se isso não está invertido, na minha opinião, o artefato deveria auxiliar para estabilizar a fábrica. ”

O autor esclarece que o objetivo do artefato é estabilizar a fábrica. O objetivo da proposição do método para elaboração do PMP, com passos claros em cada etapa, busca estabilizar a fábrica. Desta forma, é feita a utilização do PMP com um período congelado, evitando que as oscilações ocorridas nas programações dos clientes, sejam refletidas diretamente na fábrica. Com o nivelamento diário, para a fábrica, busca-se o menor nível de alterações possíveis. Além disso, o artefato tem por objetivo avaliar as capacidades existentes, para que a fábrica receba uma programação exequível. Deste modo, considera-se que o artefato atende a colocação feita pelo profissional em cena.

- b) O profissional 2 trouxe a seguinte pergunta: “Como fica a conversa da análise de capacidade com as restrições de suprimentos, como a gente analisa se não tenho os estoques de matéria prima ou não tenho tempo hábil para ressuprimento da matéria prima?”.

Esta questão da restrição de material, estoques ou tempo hábil de ressuprimento é analisada na etapa de programação ou nivelamento diário. Primeiramente, há dados de entrada para o ciclo de atualização, conforme explicitado no artefato e na seção 4.2.4, que é a atualização da posição dos estoques de componentes, produto acabado, ordens já existentes na fábrica e atualização ocorridas em roteiros de fabricação e estruturas de produto. Ressalta-se que, além destes dados, já há uma programação de materiais colocada nos fornecedores. Assim, na atualização semanal, o que irá ocorrer é uma atualização destas demandas, com a análise das necessidades de alterações de datas, quantidades, entre outras. Com estes dados de entrada, planejam-se as quantidades do PMP e libera-se os mesmos para a fábrica, com a condição de capacidade atendida. Na programação dos componentes para a fábrica, caso haja restrições em relação a algum suprimento, o plano não poderá ser produzido e possivelmente atendido, o que irá ser analisado pelo indicador do previsto x realizado do PMP (seção 4.2.4.4) e, também, no quadro de atendimento do nivelamento diário da fábrica (seção 5.2.5), que possui campos para a adição de ações, relacionadas a falta de materiais. Portanto, para este comentário, conclui-se que o artefato atende a esta colocação.

- c) O profissional 1 trouxe uma dúvida quanto a avaliação de capacidade: “...você comentou que os *inputs* para a melhoria contínua irão acontecer quando você tiver uma sobrecarga de capacidade. Eu acrescentaria, no texto mesmo, que isso pode ser acionado, não somente em um cenário de sobrecarga, mas pode ser em um cenário de ociosidade, para você adequar seus recursos produtivos para atender a um cenário de capacidade. O *input* da excelência operacional pode ser em dois sentidos”.

Na seção 4.2.3, menciona-se este ponto, em que a ativação de ações, com *inputs* para excelência operacional, poderá ser utilizada em casos de restrições de capacidade e em casos de ociosidade. Em ambas as situações, o propósito é o melhor uso possível dos ativos existentes. Com isso, considera-se esta dúvida como atendida pela proposta do artefato.

- d) O tópico de maior discussão e debate na realização do Grupo focal esteve relacionado com a análise de capacidade, que é o centro de elaboração do artefato, buscando a estabilidade da fábrica. O profissional 3 trouxe primeiramente este tema, mencionando que "... dado momento no teu artefato, tu tens uma decisão que é se tu tens capacidade para atender. Então acho que você precisa refletir sobre isso...". Sobre o mesmo tema, o profissional 3 colocou que "...na etapa onde irá se analisar a capacidade, ali vão ficar evidentes várias restrições, do ponto de vista dos recursos que vão limitar, seja um gargalo ou um CCR, temporalmente vai estrangular a produção. Como se faz um *link* disso com uma lógica, por exemplo do tipo Tambor/Pulmão/Corda? Ou seja, por mais que o plano seja factível, vão existir restrições, gargalos nesse plano. Como eu subordino, tendo um *buffer* no local certo, para proteger estas restrições que irão aparecer, a partir desta tua análise de capacidade, ou seja, o desdobramento desse plano para a fábrica em si, para operacionalização deste plano?" Em seguida, o orientador, com a função de mediador do Grupo Focal, também fez uma colocação a respeito do tema, mencionando que "... o fato de que, talvez, tu não tenhas uma definição clara de fábrica, de onde, realmente, é o gargalo, ou onde é que, pela teoria das restrições, onde é que você resolverá colocar o gargalo... acho que esta questão é mais importante, ou seja, quem define onde colocar o gargalo é tu, é um problema de melhoria do método. Talvez terá que usar a TG, focalizar a fábrica, mas isso precisa aparecer na tua estrutura de gestão de melhorias." E, por fim, o profissional 2 voltou com uma nova contribuição: "...a definição clara do

gargalo é o ponto central, porque depois está claro e bem estruturado o que aconteceria.”

Estas colocações foram analisadas, consideradas como melhorias fundamentais para o artefato proposto. A seção 4.2.2 deste trabalho, menciona algumas saídas que a reunião de S&OP deve ter, porém não é clara em relação as discussões do gargalo<sup>2</sup>. Como este ponto é considerado como estratégico, esta melhoria foi adicionada à etapa de S&OP, justamente por ser coordenada pela área de PPCP. A seguir apresenta-se as alterações propostas, sublinhando os campos alterados:

- Decisões sobre capacidade (conforme descrito no capítulo 2.3), investimentos em novas plantas, linhas de produção, máquinas e equipamentos – considerar gargalos da fábrica e gargalos identificados em cada família de produtos – quando necessário, adicionar trabalhos na etapa de Excelência Operacional, para análises quanto as restrições do sistema fabril e definição dos gargalos, para que a fábrica e cada família de produtos, tenham o gargalo claramente identificado.

Na aplicação do artefato, por exemplo, pode-se, a partir desta nova definição, que o gargalo da família de itens automotivos seja definido na linha de solda e, com isso, ações seriam elencadas para a formação de um *buffer* antes do gargalo, como a inclusão de um supermercado, por exemplo, buscando a garantia de abastecimento na solda. Ainda, na revisão dos parâmetros, poder-se-ia alterar lotes ou outros parâmetros dos componentes, para que também busquem atender a esta premissa. Com esta mudança proposta, também, há um alinhamento maior com a

---

<sup>2</sup> Antunes Junior (1998) aborda uma discussão - segundo o autor, longe de trivial, pois envolvem uma relação ampla entre aspectos de origem política e técnica que devem ser feitas pelo corpo gestor da organização – sobre a definição ou conceito do que seja uma Fábrica, lembrando que diferentes “definições” de Fábrica, geralmente implicam em diferente(s) gargalo(s) na Fábrica. Esta definição engloba turnos de trabalho, máquinas em operação, política de utilização de horas extras, roteiros alternativos possíveis, entre outras. Em resumo, quais são condições “normais” da Fábrica. Esta “Definição” é um pressuposto básico para responder a pergunta de qual(is) o(s) gargalo(s) de produção de um determinado Sistema Produtivo em um dado tempo considerado e como este cenário é atualizado, frente as mudanças nas estruturas dos produtos, nos possíveis roteiros produtivos, na modificação em políticas de horas extras, na adição ou retirada de turnos, nas melhorias no *layout* e eficiência das máquinas, nas aquisições e venda de ativos, entre outros.

seção 4.2.5.1, que trata da revisão das famílias de produtos e com a seção 4.2.5.2, que tratar da revisão dos parâmetros de produção, ou seja, com esta definição do gargalo, estas etapas já terão premissas para análise e execução dos passos mencionados, tornando maior a integração das etapas propostas pelo artefato.

#### Atuação dos profissionais:

- a) O profissional 2 questionou: “...quais são os profissionais que participam de cada etapa deste ciclo, ou seja, quem que eu estou envolvendo quando estou falando em atualizar dados, em analisar capacidade, quais são os setores envolvidos, se isso é feito por uma pessoa, por um comitê, por um grupo. O profissional 1 trouxe algo similar a este ponto: “...toda a lógica deste artefato é para fazer uma coisa básica da parte de planejamento que é tomar decisão, então tudo o que estamos falando aqui é tomada de decisão. E a tomada de decisão depende de vários interlocutores e entender o problema. E as pessoas entendem o problema diferente. Então aqui é uma questão muito relevante, ou seja, quem são as pessoas que devem tomar a decisão neste processo e como essa tomada de decisão será homogênea? ”

Esta sugestão foi percebida como um *gap* do artefato apresentado e aceita como uma melhoria relevante de ser considerada. Havia algumas citações de profissionais que atuam em algumas etapas, na seção 4, mas não em sua totalidade. Desta maneira, criou-se um quadro com a área/profissional responsável por cada etapa e a principal saída em cada uma. O Quadro 18 contém estas informações.

Quadro 18. Responsabilidades e saídas em cada etapa do método.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ETAPA DO MÉTODO	RESPONSÁVEL	PARTICIPANTES ADICIONAIS	SAÍDAS	SEÇÃO DO TRABALHO
Previsão de Vendas	Área de Vendas ou PPCPM	Marketing e Mercado	Previsão de Vendas com horizonte mínimo de 06 meses.	4.2.1
S&OP e Políticas	PPCPM	Alta direção Produção Manutenção Engenharia Compras Financeiro Vendas Gestão da Qualidade	Metas de estoques, decisões sobre capacidade, metas de faturamento e vendas, antecipações e postergações de produção, calendário fabril, restrições de espaço, transportes, entre outros.	4.2.2
Excelência Operacional	Engenharia de Manufatura e Produção	PPCP Manutenção Gestão da Qualidade	Análise de produtos cadastrados, revisão de tempos de ciclo e análise de melhorias, análise dos tempos de <i>setup</i> , análise das horas trabalhadas, índices de refugo e sucateamento, entre outros.	4.2.3
Atualização dos dados	PPCPM	-	Atualização das previsões de vendas, estoques, ordens em processo e alterações nos cadastros em estruturas e processo dos produtos.	-
Planejar Quantidades do PMP	PPCPM	Produção	PMP com quantidades planejadas para produção, conforme Figura 18.	4.2.4.1
Capacidade X Demanda	PPCPM	Produção	Demanda: Confirmação dos componentes produzidos no centro de trabalho estudado, revisão dos tempos de ciclo e demandas mensais e cálculo do produto do tempo de ciclo e demanda dos produtos.  Capacidade: Cálculo do tempo total disponível, cálculo do <i>OEE</i> da máquina e cálculo da capacidade da máquina.	4.2.4.2
Confirmação do Plano	PPCPM	-	Liberação das ordens de produção para a fábrica.	4.2.4.3
Análise Crítica dos Indicadores	PPCPM	Alta direção Produção Compras Financeiro Vendas Gestão da Qualidade	Indicadores definidos, ligados aos objetivos definidos no S&OP, como previsto X realizado do PMP, níveis de estoques, níveis de entrega, faturamento, entre outros.	4.2.4.4
Revisão das Famílias de Produtos	PPCPM	Engenharia de Manufatura Produção	Atualização e revisão das famílias de produtos, de acordo com suas características, utilizando a Tecnologia de Grupo e definição do gargalo desta família de produtos.	4.2.5.1
Revisão dos Parâmetros de Produção	PPCPM	Engenharia de Manufatura Produção Contabilidade e Custos	Revisão e atualização dos parâmetros de produção da família estudada, com a definição dos múltiplos, lotes de produção e transferência, estratégia <i>MTO/MTS</i> e horizonte de cobertura do lote produzido.	4.2.5.2
Programação e Nivelamento Diário	PPCPM	Produção	Programação dos componentes em cada centro de trabalho e análise dos componentes críticos para a produção conforme acompanhamento dos saldos de componentes.	4.2.6

## 6.2 APRESENTAÇÃO DO ARTEFATO FINAL NA VERSÃO M2

Após a realização do Grupo Focal e da análise de todos os comentários e sugestões trazidas pelos participantes, foi gerado o artefato na versão final, M2, ilustrado na Figura 42.

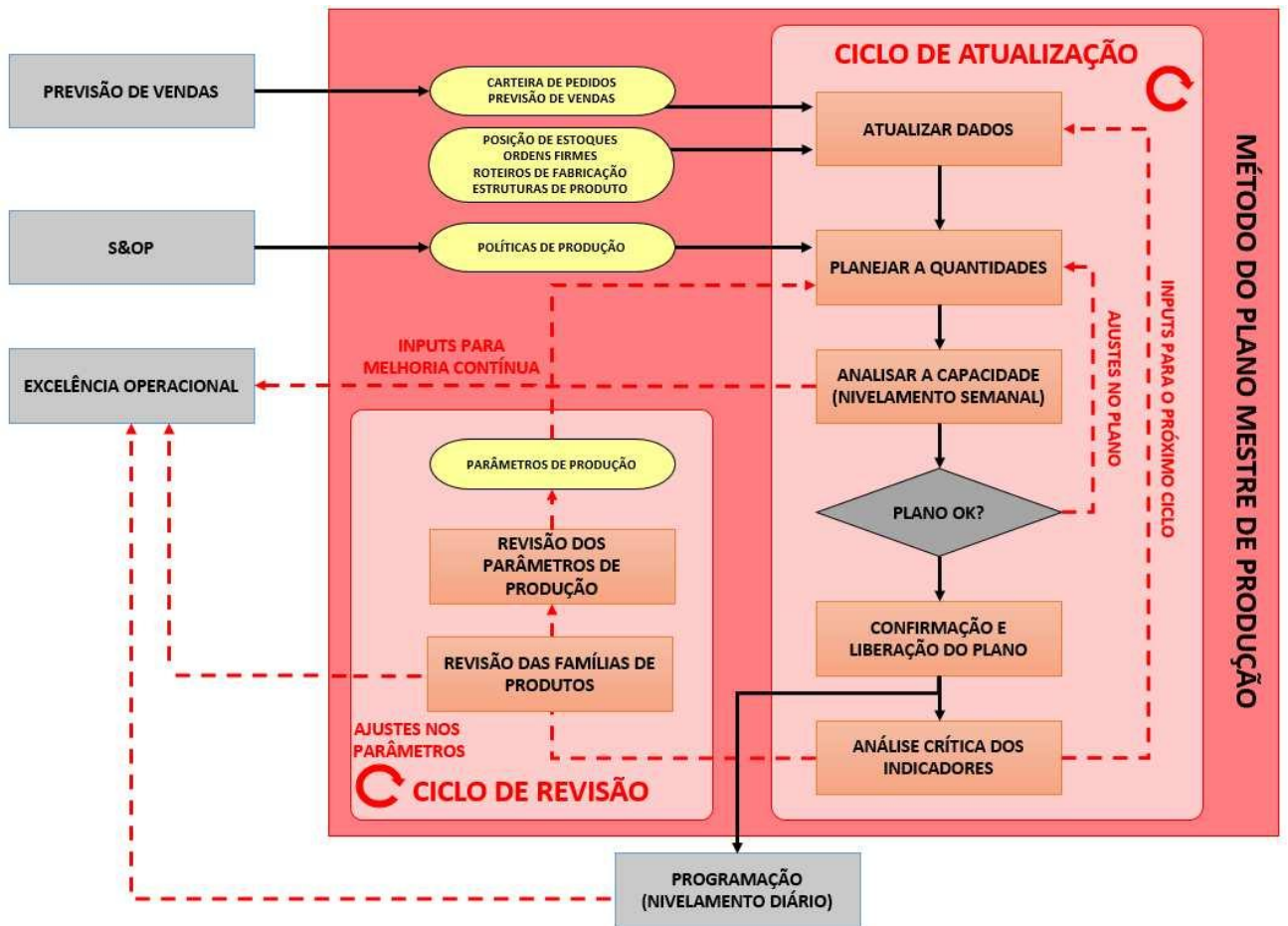


Figura 42. Método M2 Revisado após Grupo Focal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Destacando as principais mudanças no artefato, em sua versão M2, tem-se, na parte da estrutura do método, a inclusão de uma saída, da revisão das famílias de produtos, para a excelência operacional, ou seja, as análises e ações necessárias, após a revisão das famílias, como a redução de *lead times*, análise dos



fluxos produtivos, alterações dos produtos existentes, entre outras. Em relação ao aspecto conceitual, a discussão do grupo em relação à análise da capacidade e demanda, trouxe uma melhoria significativa ao método, dando a ele maior robustez na análise do conceito do gargalo e a posição deste na fábrica. Adicionalmente, tornou explícito a necessidade de uma maior ligação entre as etapas de S&OP, que poderá avaliar, estrategicamente, os gargalos, CCRs e capacidades em geral na fábrica, à revisão das famílias, já com estas premissas definidas (e por que não passíveis de revisão, sendo um *output* da revisão das famílias e excelência operacional e um novo *input* para uma próxima reunião de S&OP), a elaboração do PMP e a revisão dos parâmetros de produção. Finalmente, em relação à atuação dos profissionais, os participantes do Grupo Focal explicitaram a necessidade da melhoria na identificação dos participantes ou “atores” em cada etapa, bem como as saídas necessárias para cada uma delas. Neste quadro, também se incluiu uma coluna com a seção do trabalho em que o passo é detalhado.

O Grupo focal ainda trouxe discussões adicionais, como sugestões de planos para utilização da ferramenta *Kanban*, por exemplo, para que se possa trabalhar com uma produção “puxada” e não “empurrada”, buscando a simplificação na fábrica. O profissional 4 mencionou que “...o Kanban é uma ferramenta para este cenário em que normalmente vivemos, de baixo volume e alta complexidade de itens e esta é a ferramenta para ajudar o sistema a puxar a produção, pois enquanto não aplicar algo como isso, o sistema será empurrado e o *Kanban* seria uma ferramenta para formação do pulmão, aliado à teoria das restrições...”. Outros aspectos discutidos, serão apresentados na conclusão do trabalho, enquanto sugestões para trabalhos futuros.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo trata, inicialmente, de destacar as principais conclusões da dissertação. Na sequência apresenta as principais limitações, bem como as sugestões/recomendações para a elaboração de trabalhos futuros.

### 7.1 CONCLUSÕES

No contexto mundial de acirramento da competição na indústria automobilística, o Brasil tem uma escala de produção, bem como uma demanda de mercado, menor que a dos principais países concorrentes no âmbito mundial: Japão, EUA, China, Alemanha e Coréia do Sul, conforme mostrado na seção 1.1.2. Isto implica, de forma geral, na necessidade do aumento da gama de produtos ofertados pelas empresas. De outra parte, é sabido que a escala de produção dos chamados veículos leves (automóveis) é muito superior aos dos veículos pesados (caminhões, ônibus e máquinas agrícolas). Neste contexto, empresas fornecedoras da indústria automobilística, que produzem para diversos segmentos, tais como: automotivo, rodoviário, agrícola, de ferrovias, rodovias, máquinas e infraestrutura em geral, necessitam capacitar-se para o fornecimento de uma grande variedade de produtos, com lotes de produção reduzidos. O artefato proposto nesta pesquisa, do método para elaboração do Plano Mestre de Produção, visa contribuir no planejamento da produção, para otimizar o uso dos recursos da fábrica e os níveis de serviço com seus clientes, em contextos de alta variedade de produtos, pequenos lotes de produção e alterações frequentes nas demandas, em termos de mix e volumes, oriundas das programações dos clientes. O artefato elaborado contém um passo a passo para auxílio no planejamento da produção e na tomada de decisões nos diferentes níveis hierárquicos da empresa. Paiva et al. (2009), entendem que a definição e a classificação das categorias de decisão facilitam a identificação das ações possíveis de serem tomadas, objetivando criar e desenvolver novas, melhores e diferentes competências na área de produção.

De outra parte, Dauzere-Pérés e Lassere (2002), sugerem que as decisões tomadas no nível de planejamento, geralmente, são inconsistentes ou não alinhadas com as decisões de programação. Na prática, as decisões de planejamento e programação são, frequentemente, tomadas de forma independente. Portanto, acredita-se que os modelos de planejamento devem incorporar considerações sobre como a programação é realizada no chão de fábrica, em vez de assumir que o planejamento e a programação podem ser feitos simultaneamente no mesmo nível de decisão. Esta lacuna de pesquisa foi identificada neste trabalho.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi, inicialmente, realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) dos temas Planejamento Hierárquico da Produção (PHP) e Plano Mestre da Produção (PMP). O PHP, proposto de forma seminal, em 1975, por Hax e Meal, buscava inicialmente um modelo para realizar a divisão das decisões estratégicas (agregação), das táticas e operacionais (desagregação), mesmo sem ter ainda uma análise crítica sobre as restrições sistêmicas associadas a este processo. Posteriormente, as revisões de trabalhos de pesquisa em PHP, mostraram dificuldades na construção de um processo robusto para agregação e desagregação das demandas, especialmente no que tange às restrições inerentes a este processo de Planejamento, Programação e Controle da Produção. Em relação ao PMP, as pesquisas existentes focam nos efeitos no inventário e níveis de serviço com o horizonte de congelamento do PMP (Xie et al, 2003; Zhao et al., 1995; Sridharan et al., 1987; Yeung et al., 2003). De outra parte, não são encontradas, na literatura, soluções geradas para avaliação da ferramenta utilizada para elaboração do PMP, principalmente no que tange à estabilidade da fábrica, como a parametrização das quantidades fixas para produção, estoques fixos ou avaliação de outros parâmetros, além do nivelamento do uso dos recursos (*Heijunka*). É dentro deste contexto geral que se desenvolveu a presente pesquisa. Neste sentido, a ideia perseguida consistiu em gerar um artefato para o planejamento e programação da produção e auxílio no processo de tomadas de decisões nos diferentes níveis hierárquicos das empresas. O artefato contém um passo a passo claro, para elaboração do Plano Mestre de Produção (PMP), para a avaliação das capacidades e demandas na produção, para o acompanhamento dos indicadores de produção e

para a revisão das famílias de produtos e parâmetros de produção, com as indicações dos atores responsáveis, bem como os profissionais participantes em cada uma das etapas.

Visando tratar do problema em cena, a pesquisa adotou o método da *Design Science Research (DSR)*. Este método de pesquisa é adequado para a construção de artefatos, para promover soluções satisfatórias em ambientes empresariais, corroborando com a afirmativa de Manson (2006), que propugna a utilização da *DSR* como um processo para o desenvolvimento e geração de artefatos. Além disso, a partir de métodos rigorosos, analisar os motivos pelos quais um artefato específico é ou não efetivo para responder à questão de pesquisa proposta.

Na aplicação do artefato proposto, perceberam-se as melhorias no processo de tomada de decisão e nas etapas de planejamento e programação da fábrica, e como um processo estruturado trouxe maior facilidade no cumprimento das premissas definidas no plano estratégico, até a programação e sequenciamento nas máquinas. Embora o ambiente escolhido para instanciação do artefato seja de complexidade relevante, com mais de 7 mil componentes, duas fábricas e 04 grandes famílias de produtos, o passo a passo definido pôde ser aplicado e testado, em uma família de produtos. A possibilidade de congelamento das demandas no PMP, em duas semanas, contemplou um dos principais objetivos do artefato: a busca pela estabilidade da fábrica. A versão A1 do artefato, após a instanciação na empresa, possibilitou também o direcionamento de trabalhos para a excelência operacional, após análise das produções realizadas, comparadas com a programação prevista, além de melhorias focadas no passo a passo, conforme explanado na seção 5.3.

A etapa de avaliação pelos especialistas, com a aplicação do Grupo Focal, gerou contribuições à pesquisa, finalizando com a versão M2 do artefato. Primeiro, é possível destacar a necessidade da definição clara dos atores e saídas esperadas em cada etapa do método. No que tange a questão estrutural do método, a inclusão de uma saída, da revisão das famílias de produtos, para a excelência operacional, ou seja, as análises e ações necessárias, após a revisão das famílias, como a redução de *lead times*, análise dos fluxos produtivos, alterações dos produtos

existentes, entre outras. Em relação ao aspecto conceitual, a discussão do grupo em relação à análise da capacidade e demanda, trouxe uma melhoria significativa ao método, dando a ele maior robustez na análise do conceito do gargalo e a necessidade de posicionamento do mesmo na fábrica. O Grupo focal ainda trouxe discussões adicionais, como sugestões de planos para utilização da ferramenta *Kanban*, por exemplo, para que se possa trabalhar com uma produção do tipo “puxada” e não “empurrada”, buscando a melhoria e simplificação da gestão dos produtos e componentes na fábrica. Esta ferramenta pode reduzir a dependência da programação de fábrica pela área de PPCP e facilitar o processo de tomada de decisão na organização, pois remete a um processo mais estruturado de produção.

A pesquisa trouxe também a possibilidade de avaliação do artefato em uma empresa que utiliza o *MRP*. Conforme Zhao et al. (1995), o nervosismo do *MRP* é ocasionado quando ocorrem variações de demanda, paradas de máquinas ou problemas de qualidade, pois o sistema funciona pela lógica *backward scheduling*, ou seja, o planejamento parte do produto acabado e retorna em cada etapa de produção para estipular os prazos de entrega e quantidades de cada um dos componentes e materiais aplicados, podendo gerar datas no passado ou reprogramações urgentes para a fábrica. Este “nervosismo” fica ainda maior pelo número de componentes e máquinas existentes, pois tende a aumentar a possibilidade de falhas, quebras, erros de programação, entre outros. Neste sentido o artefato proposto pode contribuir na busca por uma estabilidade da fábrica (quantidades do PMP, avaliação das capacidades, avaliação e definição dos parâmetros de produção, nivelamento das quantidades programadas), reduzindo o impacto das variações que ocorrem no mercado e, por consequência, necessitam de tratamento, no sistema produtivo.

Finalmente, e a título de síntese da parte conceitual do trabalho, cabe ressaltar que esta pesquisa teve como foco principal, consonante com a teoria geral que sustenta o Sistema Toyota de Produção – o Mecanismo da Função Produção, a melhoria da Função Processo, mais especificamente no tratamento do problema do Planejamento e Programação da fábrica e nas discussões em relação ao fluxo dos materiais entre os processos. Porém, o método utiliza-se de elementos da Função

Operação (por exemplo, no que tange ao estabelecimento da Capacidade real da fábrica) e, essencialmente, tem retornos (*'feedbacks'*) mostrando onde são necessárias melhorias associadas com os elementos da excelência operacional. Este ciclo virtuoso entre a análise da Função Processo e da Função Operação caracteriza um elemento central do Sistema Toyota de Produção e da Teoria Das Restrições que é a utilização do método dialético (Shingo, 1996).

Da ótica da empresa, a pesquisa colaborou nas discussões em relação as variações ocorridas na fábrica, principalmente na entrada da programação dos clientes e no uso da ferramenta do PMP, com o objetivo do nivelamento das demandas no horizonte definido, o que não era usualmente realizado. Outro ponto relevante foi a reavaliação científica, com a utilização da ferramenta de Capacidade X Demanda e da definição de fábrica realizada pelos gestores, dos gargalos da empresa. Em outras palavras, a empresa, via a definição do(s) gargalo(s), pode estabelecer uma estratégia clara de protegê-los, de forma que os processos a montante possam ser devidamente planejados e programados de uma forma mais fácil. De outra parte, o método trata do tema da necessidade da redução da complexidade física sistema de produção/do fluxo produtivo e do número de itens fornecidos, buscando a divisão em famílias de produtos (mesmo que, ainda sem que tenham sido realizados trabalhos específicos para a formação de células produtivas) e na aceleração nos trabalhos de retirada de itens de baixo valor agregado.

## 7.2 LIMITAÇÕES

A seguir seguem as principais limitações identificadas no desenvolvimento desta pesquisa:

- A aplicação do artefato ocorreu em uma única empresa e em uma única família de produtos, sendo assim, são possíveis somente generalizações de cunho analítico;
- No capítulo 6, discutiu-se as colaborações trazidas pelo Grupo Focal, para aprimoramento do artefato. Utilizou-se estas contribuições dos especialistas participantes. Algumas contribuições, embora relevantes

e essenciais da ótica da análise crítica e de sua profunda origem analítica, em grande parte corroboradas pela teoria, não foram passíveis de serem testadas empiricamente em função do tempo de realização da pesquisa;

- A aplicação do artefato foi testada em uma família de produtos, no setor automotivo, não sendo aplicado em demais famílias de produtos da empresa. Caso esta testagem pudesse ser feita em toda a empresa, o que não ocorreu em função do tempo disponível para a elaboração da presente dissertação, outros elementos poderiam ser testados, como, por exemplo, a divisão de toda a empresa em famílias de produtos e a focalização completa do macroleiaute fabril. O método poderia ser, não só mais testado, mas aprimorado, na definição de gargalo(s), na análise de Capacidade X Demanda, entre outros;
- Devido às restrições ocasionadas pela pandemia da Covid 19, ocorrida na fase de testes, as reuniões de *S&OP* não ocorreram *in loco* na empresa onde o artefato foi instanciado. As discussões com demais profissionais da empresa foram dificultadas, também em função dos períodos de redução ou suspensão da jornada de trabalho.

### 7.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

São as seguintes as sugestões para trabalhos futuros:

- As oportunidades em relação as pesquisas relacionadas ao Planejamento Hierárquico da Produção (PHP) e ao Plano Mestre de Produção, são consideráveis. Os fundamentos no âmbito da tomada de decisão, associadas aos processos do PHP, incluem não só uma definição do processo e estrutura de processo, mas questões associadas a a liderança e poder, que não foram discutidas neste

trabalho, em função da delimitação adotada para a realização da pesquisa. Por exemplo, testar a hipótese de que, quanto menos estruturado estiverem os processos de PPCPM, mais a decisão tende a ocorrer a partir de decisões de níveis hierárquicos superiores e, ainda, que estas decisões tendem a incluir elementos distintos em relação as necessidades de estabilização da fábrica. De outra parte, se o processo de definição do PHP, do PMP e da programação via *Kanban* estiver estruturada, menor será a dependência em relação à tomada de decisão em relação à alta direção da empresa. Assim, uma sugestão para trabalhos futuros consiste em explorar, de uma ótica sistêmica envolvendo a parte técnica, cultural e de poder, os processos associados a tomada de decisão, no processo de Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Materiais (PPCPM) nas organizações;

- Outra proposta consiste na aplicação do artefato na mesma empresa objeto deste trabalho e em outras empresas, visando a testagem empírica mais ampla, do método proposto e dar maior robustez ao artefato proposto, com melhorias incrementais no mesmo;
- A última sugestão para trabalhos futuros remete a uma ampliação do artefato/método proposto a partir da utilização ampla, sistêmica e sistemática das melhorias a partir da ótica da Função Processo, o que implica no estudo da sinergia do artefato proposto com a noção de fábricas focalizadas/fábricas dentro da fábrica/minifábricas, com a utilização ampla da Tecnologia de Grupo (TG) como base técnica de análise. Mais genericamente, este a ser proposto poderia investigar a potencialidade de utilização ampla e conjunta, com base nos métodos de apoio as melhorias da Função Processo, do PHP, do PMP/*Heijunka*, das fábricas focalizadas/fábricas dentro da fábrica/minifábricas e, dentro destas minifábricas, a potencialidade de utilização das células de manufatura e a programação via Tambor/Pulmão/Corda e *Kanban*.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANTUNES JÚNIOR, J. A V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da Teoria das Restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero.** 1998. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração UFRGS. Porto Alegre, 1998.

ANTUNES JÚNIOR, J.A.V; ALVAREZ, R.; BORTOLLOTO, P.; KLIPPEL, M.; DE PELLEGRIN, I. **Sistemas de produção: conceito e práticas para projeto e gestão da produção enxuta.** Porto Alegre. Bookman, 2008.

ANTUNES JÚNIOR, J.A.V; KLIPPEL, M; KLIPPEL, A.F.; SEIDEL, A. **Uma revolução na produtividade: a gestão lucrativa dos postos de trabalho.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

ARRUDA, D. M.; COSENZA, C.A.N.; MARTINS, R.C.; PONTES, R.M. **Estado d’arte no planejamento mestre e no planejamento agregado da produção.** Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGeT). Rio de Janeiro - RJ. 2006.

BURBIDGE, J.L. **Change to Group Technology: process organization is obsolete.** *International Journal of Production Research*, v30. 1992.

CORRÊA, H.L; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações.** Atlas. 2006.

CORRÊA, H. L; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II e OPT. Um enfoque estratégico.** Ed. Atlas, 2. ed., 1996.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.; CANON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP/ERP:conceitos, uso e implantação.** 3.ed. São Paulo: Gianesi Correa & Associados:Atlas, 2000.

DAUZÉRE-PÉRÉS, S.; LASSERE, J.B. **On the importance of sequencing decisions in production planning and scheduling.** *International Transactions in Operational Research*. 2002.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

DRESCH, A. **Desenvolvimento Científico em Design Science para a Engenharia da Produção: Formulações Conceituais e Análise Empírica.** Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. UFSC. Florianópolis.2018.

DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES JÚNIOR, J.A.V. **Design Science Research: método de pesquisa para o avanço da ciência e tecnologia.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

EBADIAN, M.; RABANNI, M.; TORABI, S. A.; JOLAI F. **Hierarchical production planning in make-to-order environments: reaching short and reliable delivery dates.** International Journal of Production Research. Vol 47. n 20. 2009

ENGLBERGER, J.; HERRMANN, F.; MANITZ, M. **Two-stage stochastic master production scheduling under demand uncertainty in a rolling planning environment.** International journal of Production Research. Vol 54. 2016

FALCONI, V. **O verdadeiro poder.** Nova Lima: INDG, 2009.

FENG, P.; ZANGH, J; WU, Z.; YU, D. **An improved production planning method for process industries.** International Journal of Production Research. Vol 49 n 14. 2011.

FERNANDES, F.C.F.; GODINHO, M.F. **Planejamento e Controle da Produção. Dos fundamentos ao essencial.** São Paulo. Atlas, 2010.

FERRARI, T. A. **Metodologia da pesquisa científica.** São Paulo: McGraw-Hill, 1982.

GAITHER, N., FRAZIER. G. **Administração da Produção e Operações.** 8ª ed. São Paulo: Thomson, 2001.

GHINATO, P. **Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações.** UFPE: Recife, 2006.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo. Atlas, 2010;

GOLDRATT, E.M; FOX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo.** São Paulo. Educador. 1997.

GROOVER, M.P. **Automation, production systems and Computer Integrated Manufacturing.** Englewood-Cliffs, N.J. Prentice Hall, 1980.

HANSEN, R. C. **Eficiência global de equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros.** Porto Alegre. Bookman, 2006.

HARMON, R.L.; PETERSON, L.D. **Reinventando a fábrica – conceitos modernos de produção aplicados na prática.** São Paulo. 1990.

HARMON, R.L.; PETERSON, L.D. **Reinventando a fábrica – conceitos modernos de produtividade aplicados na prática.** Rio de Janeiro. 1991.

HAX, A.C.; MEAL, H.C. **Hierarchical integration of production planning and scheduling.** TIMS Studies in Management Science. New York. 1975.

HAYES R.; PISANO, G; UPTON D.; WHEELWRIGHT S. **Em busca da vantagem competitiva.** Porto Alegre. Bookman, 2008.

HEE-CHONG TEO, C.; BHATNAGAR, R.; GRAVES, S. **Setting planned lead times for a make-to-order production system with master schedule smoothing**. IIE Transactions. 2010.

HEVNER, A. R.; MARCH, S.T.; PARK, J. **Design Science in Information Systems Research**. MIS Quaterly, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

JÄRVINEN, P. **Action research is similar to design science**. Quality and Quantity, v. 41, n. 1, 2007.

JONES, D. T. **Heijunka: leveling production**. Manufacturing Engineering, v.137, n. 2, 2006.

JONSSON, P.; IVERT, L.K. **Improving performance with sophisticated master production scheduling**. International Journal of Production Economics. 2015.

KLIPPEL, A.F.; ANTUNES JUNIOR, J.A.V.; KLIPPEL, M.; JORGE, R.R. **Estratégia de Gestão dos Postos de Trabalho – Um Estudo de Caso na Indústria de Alimentos**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção. Ouro Preto- MG.2003.

KOURGANOFF, W. **A face oculta da universidade**. São Paulo: Unesp, 1990.

KRALIK, L.S.; FOGLIATTO, F.S. **Método para Implementação de Planejamento de Vendas e Operações (S&OP) Aplicado em Empresa do Ramo Autônomo**. Produção Online. Florianópolis, SC. 2016.

KUSIAC, A.; CHOW, W. S. **Decomposition of Manufacturing systems**. IEEE journal of robotics and Automation. 1988

LACERDA, D.P; DRESCH, A. , PROENÇA, A.I; ANTUNES JUNIOR, J.A.V. **Design Science Research: Método de pesquisa para a engenharia de produção** . Gest. Prod. vol.20 no.4 São Carlos 2013

LEE, T.S.; EVERETT, E. **Forecasting error evaluation in material requirements planning (MRP) production-inventory systems**. Management Science. Vol 32. 1986.

LIKER, J.K. **O Modelo Toyota - 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIN, C.W.; MOODIE, C.L. **Hierarchical production planning for a modern steel manufacturing system**. Internation Journal of Produciton Research. 1989.

LIN, N.P.; KRAJEWSKI, L.; LEONG, K.G.; BENTON, W.C. **The effects of environmental factors on the design of master production scheduling systems**. Journal of Operations Management. 1994.

LINDGREN, P. C. **Implementação do sistema de manufatura enxuta (Lean manufacturing) na Embraer.** Monografia do Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretário Executivo da Universidade de Taubaté. Taubaté, SP. 2001.

LUSTOSA, L. **Planejamento e controle da produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MANSON, N.J., **Is operations research really research?** Operations Research Society of South Africa. 2006.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research in Information Technology.** Decision Support Systems, v. 15, p. 251-266, 1995.

MARTIN, T.; ULICH, E.; WARNECKE, H.J. **Appropriate automation for flexible manufacturing.** Automatica, v26. 1990.

MESQUITA, M.A.; CASTRO, R.L. **Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira.** Gestão e Produção, v15. São Paulo. 2008.

MEYBODI, M.Z.; FOOTE, B.L. **Hierarchical production planning and scheduling with random demand and production failure.** Annals of Operations Research. 1995.

MINIFIE, J.R; DAVIS, R. A. **Survey of MRP nervousness issues.** Product Invent. Mgmt. 1986.

NIIMI, A. **Sobre o Nivelamento (Heijunka).** Disponível em: [www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-\(heijunka\)](http://www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-(heijunka)) Acesso em 05/05/019. 2006.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

O'KEEFFE, Philip. **Understanding supply chain risk areas, solutions, and plans: a fivepart series.** Protiviti Independent Risk Consulting and APICS, 2004.

OMAR, M.K.; BENNELL, J.A. **Revising the master production schedule in a HPP framework context.** International Journal of Production Research. 2009.

OZDAMAR, L.; ATLI, A. O.; BOZYEL, M.A. **Heuristic Family disaggregation techniques for hierarchical production planning systems.** International Journal of Produccion Research. 1996.

PAIVA, E. L; CARVALHO JÚNIOR, J. M; FENTERSEIFER, J. **Estratégia de produção e de operações.** Porto Alegre: Bookman, 2009.

PITALUGA, T.M.; MOTTA, G.A.; RAZZINO, C.A.; BIANCHINI, V.K.; LEITE, L.R. **Os impactos do EDI (Eletronic Data Interchange) na programação e planejamento de produção de uma empresa do setor automobilístico.** XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Curitiba, PR. 2014.

- PORTER, M. **Competição: estratégias competitivas essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- POSSEBON, A.P. **Uma Análise Comparativa do Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Materiais em Empresas do Tipo MTO e MTS: Um Estudo de Caso Múltiplo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. Unisinos. São Leopoldo. 2013.
- ROMME, A. G. L. **Making a difference: Organization as Design**. Organization Science, v. 14, n. 5, p. 558-573, 2003.
- SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research Methods for Business Students**. 6. ed. London: Pearson Education Limited, 2012.
- SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre. Bookman, 1996.
- SILVEIRA, G. J.C. **Uma metodologia de implantação da manufatura celular**. Dissertação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1994.
- SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996.
- SIPPER, D.; BULFIN JR, R.L. **Production : Planning, Control and Integration**, New York: Mc Graw Hill, 1997.
- SKINNER W. **Manufacturing: missing link in corporate strategy**. Harvard Business Review, 1969.
- SKINNER, W. **The focused factory**. Harvard Business Review, p.113-121, 1974.
- SLACK, N. **Vantagens competitivas em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo. Atlas. 2002.
- SLACK, N; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª edição. São Paulo. Atlas, 2009.
- SMITH, D.J. **Material requirement planning**, in A.C. Hax (ed.). Studies in Operations Management. North-Holland, Amsterdam. 1978.
- SOUZA, C.V. **Análise Teórica dos Requisitos e Planos de Produção Gerados por um Sistema tipo MRPII e outro de Planejamento Fino de Produção**. Dissertação de Mestrado no PPGEP – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2000.

SPEARMAN, M.L.; HOPP, W.J. **A ciência da fábrica**. 3ed. Porto Alegre. Bookman. 2013.

SRIDHARAN, V.; BERRY, W. L.; UDAYABHANU, V. **Freezing the master production schedule under rolling planning horizons**. Management Science. 1987.

STEELE, D.C. **The nervous MRP system: how to do battle**. Product. Invent. Mgmt. 1975.

STOCKON, D.J.;QUINN, L. **Aggregate production planning using genetic algorithm**, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. 1995.

TYAGI,V.; JAIN, A.; JAIN, P.K. **Towards Integrated Manufacturing Planning and Control: A Review and Classification**. IUP Journal of Operations Management. 2013.

TARDIN, G. G. **Kanban e o Nivelamento da Produção**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas - Departamento de Engenharia de Fabricação. Campinas, 2001.

TATIKONDA, M.V.; WEMMERLOV, U. **Adoption and implementation of Group Technology classification and coding systems: insights from seven case studies**. Internation Journal of Production Research, v-30. 1992.

TEMPELMEIER, H. **Resource-constrained materials requirements planning – MRP**. Production Planning & Control,v. 8, n. 5, p. 451-461, 1997.

TREMBLAY, M.C. HEVNER, A.R.; BERNDT, D.J. **Focus Groups for Artifact Refinement and Evaluation in Design Research**. Communications of the Association for Information Systems. 2010.

TSUBONE, H.; FURUTA, H. **Replanning timing in hierarchical production planning**. International Journal of Production Economics. 1996.

TUBINO, D.F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e prática**. 2ª edição. São Paulo. Atlas, 2009.

VAISHNAVI, V. & KUECHLER W. **Design Research in information systems**. Disponível em: <<http://www.isworld.org/ResearchDesign/drisISworld.htm>>. Acesso em: 18/11/2018.

VENKATESWARAN, J.; SON, Y.J. **Hybrid system dynamic—discrete event simulation-based architecture for hierarchical production planning**. International Journal of Production Research. 2005.

VENKATARAMAN, R.; SMITH, S.B. **Disaggregation to a rolling horizon master production schedule with minimum batch-size production restrictions**. International Journal of Production Research. Vol 34. 1996

VITZTHUM, T.; HERRMANN, F. **Evidence of the relevance of master production scheduling for hierarchical production planning.** Proceedings 31st European Conference on Modelling and Simulation. 2017.

VOLLMANN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C. **Manufacturing Planning and Control System.** 3ed. Burr Ridge, IL.1992.

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.

YEUNG, J. H.Y.; MA, L.; LAW, J.S. **The impact of using multiple freeze fences on costs in MRP systems.** International Journal of Production Research. 2003.

YIN, R.K. Estudo de caso. **Planejamento e métodos.** 5ª ed. Bookman. 2015.

ZAEH, M.F; MUELLER, N. **A Modeling approach for evaluating capacity flexibilities in uncertain markets.** International Journal of Flexible Manufacturing Systems. V. 9 n. 3. 2007.

ZHAO, X.; GOODALE, J.C.; LEE, T.S. **Lot-sizing rules and freezing the master production schedule in material requirements planning systems under demand uncertainty.** International Journal of Production Research. 1995.

## **ANEXO I – EXPLANAÇÃO INTRODUTÓRIA AOS PARTICIPANTES DO GRUPO FOCAL**

### **1. Introdução e Problema de Pesquisa**

Este relatório tem o objetivo de trazer uma breve explanação, antecipadamente, aos participantes convidados para o Grupo Focal referente à apresentação do artefato desenvolvido para a elaboração do Plano Mestre de Produção. Ainda, apresenta uma introdução aos conceitos de Planejamento Hierárquico da Produção (PHP) e do Plano Mestre de Produção (PMP), o problema de pesquisa, objetivo geral e, por fim, o artefato elaborado.

A empresa escolhida para este estudo é uma indústria do setor metalmeccânico, com atuação em quatro segmentos distintos: automotivo, rodoviário, agrícola e máquinas de construção, tendo como principais clientes as montadoras, com mais de 98,5% de suas vendas destinadas ao mercado nacional.

Estes quatro segmentos possuem características distintas, em relação ao volume de produção, materiais utilizados, dimensional e processo produtivo das peças, requisitos específicos dos clientes (pontualidade, qualidade, normas, contratos) entre outros. Mesmo com características distintas, existe uma conjuntura e tentativa de uso das mesmas estratégias de produção para atendimento de todos os segmentos. O número de conjuntos e componentes, considerando estes quatro segmentos, é elevado. Ainda, os itens de produção (atendimento das linhas de montagem dos clientes) e itens de reposição utilizam os mesmos processos, máquinas e fluxos produtivos.

Uma maior variedade de produtos, tempos de atravessamento curtos e altas expectativas dos clientes em relação à qualidade do produto e ao prazo de entrega levam à exigência de um sistema eficiente de planejamento e controle da produção, principalmente em sistemas *Make to Order* (MTO). Então, ressalta-se a importância da discussão em relação a estruturação de métodos, ferramentas e procedimentos/processos de tomadas de decisão em



relação ao ambiente produtivo e fabril, para que se obtenha o máximo de retorno em relação ao uso de recursos e, ainda, que este resultado esteja atrelado ao atendimento aos clientes.

### **1.1 Planejamento Hierárquico da Produção (PHP)**

O Planejamento Hierárquico da Produção (PHP) engloba o processo de tomada de decisões na empresa. Hax e Meal (1975) introduziram o conceito de planejamento hierárquico da produção em 1975. O método consiste basicamente no reconhecimento das diferenças entre as decisões no plano tático (plano agregado) e operacional (processo de desagregação). Basicamente, neste processo, o problema de planejamento da produção é dividido em subproblemas, conforme nível hierárquico de decisão. Venkateswaran e Son (2005) citam que tipicamente, o PHP contém dois níveis: planejamento e programação, contendo etapas de análise da demanda, capacidade sequenciamento. Normalmente, as saídas são o agrupamento dos itens em famílias de produtos, com características similares. Ozmadar et al. (1996) citam que os sistemas do PHP são desenvolvidos para estabelecer uma estrutura de tomada de decisões, em diferentes níveis, entretanto, inviabilidades surgem quando algumas restrições são colocadas nos níveis mais baixos de decisão, como na programação. Para os autores, basicamente, o PHP desdobra o nível do plano agregado de produção, passando pelas definições de famílias de produtos e, por fim, a programação dos componentes. É nesta fase final de desagregação em itens finais que surgem as restrições, como problemas de capacidade. Então, modelos já apresentados podem apresentar problemas para o planejamento da produção, pois não são diretamente transferíveis para outras situações.

### **1.2 Plano Mestre de Produção (PMP)**

O PMP conduz o sistema de planejamento de requisitos de material e fornece o elo importante entre as previsões de atividades de entrada de pedidos e o planejamento de produção, de um lado e o planejamento detalhado e programação de componentes e matérias-primas, no outro lado. Ajustes frequentes no PMP podem induzir grandes mudanças no sequenciamento. Essas mudanças podem levar a aumentos nos custos de produção e estoque e

deterioração do nível de serviço ao cliente (XIE, et al., 2003). Para Jonsson e Ivert (2015), os estudos indicam vários problemas envolvidos no uso de métodos sofisticados nos processos de planejamento e elaboração do PMP, incluindo dificuldades na compreensão da produção, falta de motivação do pessoal para atualizar dados e pequenas alterações no chão de fábrica que resultam em grandes mudanças na programação. O problema do PMP é difícil de resolver não apenas devido ao alto número de decisões e variáveis envolvidas, mas também devido ao múltiplo e frequente conflito de objetivos que são relevantes no planejamento da produção (VENKATARAMAN e SMITH, 1996). Omar e Bennell (2009) citam que, em resumo, embora diversos pesquisadores tenham abordado questões sobre a estabilidade do PMP e seus impactos na disponibilidade do produto, eles geralmente assumem uma única situação de produção, sem restrições de capacidade. Em um ambiente industrial real, um PMP é projetado para incorporar um grande número de componentes, o que adiciona significativa complexidade ao plano. Lin et al (1994) estudaram o efeito da frequência de replanejamento do PMP e o período congelado, citando que a pesquisa sobre o desenvolvimento de sistemas PMP eficazes ainda está engatinhando e que modelos como o usado no estudo, na melhor das hipóteses, identificam questões que devem ser exploradas em ambientes mais realistas. Apontam ainda para pesquisas futuras, sugerindo a abordagem do ambiente limitador no qual o modelo PMP se baseia. Por exemplo, modelos que incluem itens finais, padrões de demanda sazonais e que reconhecem restrições críticas de capacidade seriam úteis, para melhorar o processo de tomada de decisão. Finalmente, o desenvolvimento dos sistemas PMP precisam estar melhor relacionados às estratégias de mercado da empresa e serem capazes de abordar ambientes de produção MTS, com a inclusão da questão de lidar com segmentos de mercado amplamente diferentes. Ou seja, a elaboração de métodos para sequenciamento das decisões e planejamento da produção, com a implantação do PHP e do PMP ainda possuem um espaço amplo de estudo, considerando as dificuldades no sistema produtivo, com variáveis envolvidas como problemas de qualidade, quebra de máquinas, mudanças de demanda (*forecast* e pedidos firmes), variação de mão de obra disponível, entrada de novos produtos, entre outros. De maneira ampla, Lee e Everett (1986) citam que a combinação de altos erros de previsão (*forecast*), uma má escolha de dimensionamento de lotes de produção (famílias e parâmetros) e uma estrutura de MRP (*Manufacturing Resource Planning*) ruim (ou ambiente

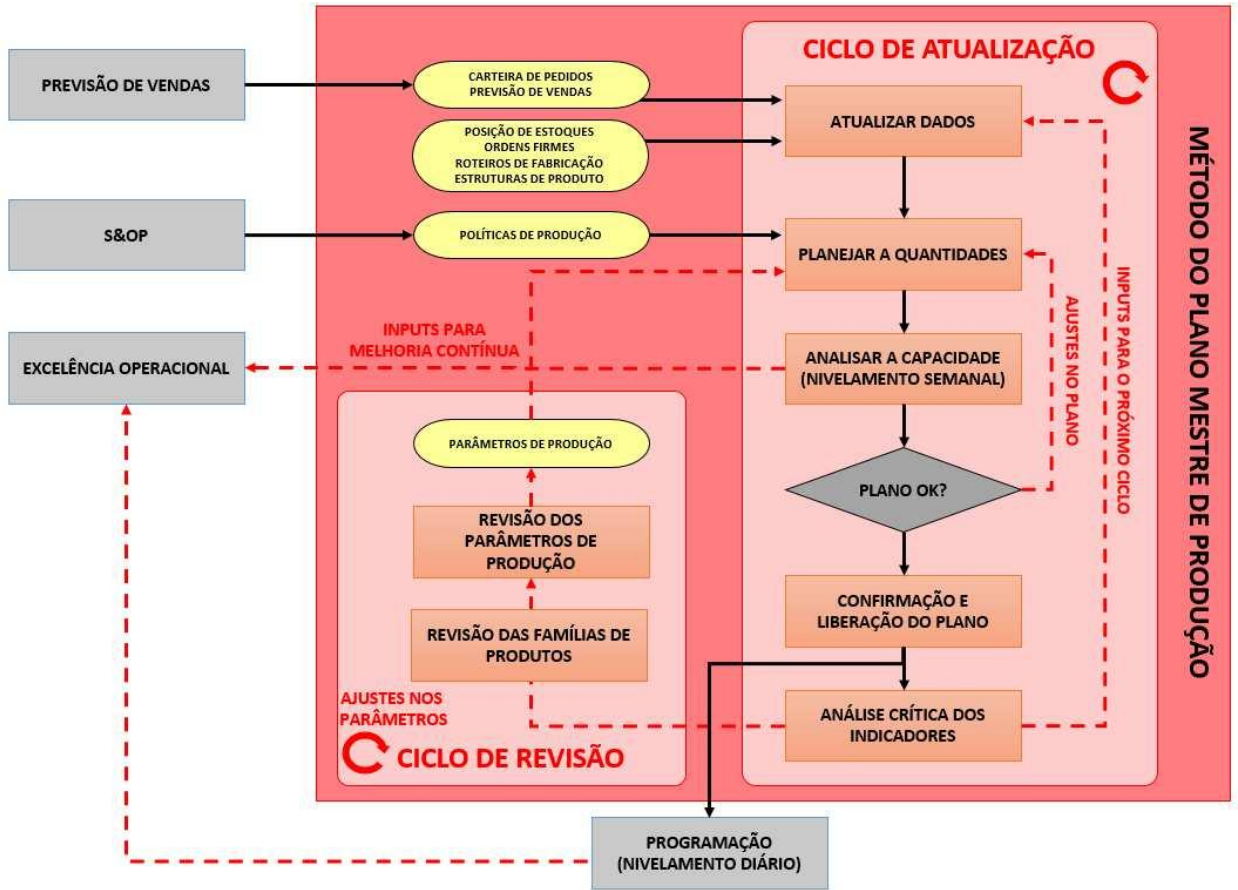
ruim, como má escolha entre MTS/MTO ou controles deficitários) podem facilmente resultar em custos devastadores para uma empresa.

Desta forma, avalia-se então quais são as vantagens que um método pode trazer a estas empresas, com a segmentação dos produtos de acordo com sua variação de demanda, processo e fluxo produtivo, volumes de produção, entre outros, além de realizar as funções de planejamento, programação e controle da produção. Assim sendo, a questão principal desta pesquisa pode ser descrito: como um método para a construção do Plano Mestre de Produção em empresas fornecedoras do ramo metalmeccânico, em um cenário de elevada variedade de produtos, contribui no planejamento da produção?

## **2. Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste na proposição de um método para a elaboração do Plano Mestre de Produção (PMP), para empresas da indústria metalmeccânica, em ambientes com elevada variedade de produtos.

## **3. Apresentação do Artefato**



## Referências

HAX, A.C.; MEAL, H.C. **Hierarchical integration of production planning and scheduling**. TIMS Studies in Management Science. New York. 1975.

JONSSON, P.; IVERT, L.K. **Improving performance with sophisticated master production scheduling**. International Journal of Production Economics. 2015.

LEE, T.S.; EVERETT, E. **Forecasting error evaluation in material requirements planning (MRP) production-inventory systems**. Management Science. Vol 32. 1986.

LIN, N.P.; KRAJEWSKI, L.; LEONG, K.G.; BENTON, W.C. **The effects of environmental factors on the design of master production scheduling systems**. Journal of Operations Management. 1994.

OMAR, M.K.; BENNELL, J.A. **Revising the master production schedule in a HPP framework context**. International Journal of Production Research. 2009.

OZDAMAR, L.; ATLI, A. O.; BOZYEL, M.A. **Heuristic Family disaggregation techniques for hierarchical production planning systems**. International Journal of Production Research. 1996.

VENKATARAMAN, R.; SMITH, S.B. **Disaggregation to a rolling horizon master production schedule with minimum batch-size production restrictions**. International Journal of Production Research. Vol 34. 1996

VENKATESWARAN, J.; SON, Y.J. **Hybrid system dynamic—discrete event simulation-based architecture for hierarchical production planning**. International Journal of Production Research. 2005.

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.

## ANEXO II – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA PARA USO DOS DADOS E INFORMAÇÕES

A Bruning Tecnometal Ltda

Sou aluno do curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas na Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Estou realizando a pesquisa da minha dissertação sob orientação do professor Dr José Antonio Valle Antunes Junior, com o objetivo de propor um Método para Elaboração do Plano Mestre de Produção no Contexto da Indústria Metalmeccânica.

A Bruning Tecnometal Ltda foi selecionada para participar deste trabalho, sendo a empresa piloto para aplicação do método proposto. Para isso, dados serão compartilhados com o pesquisador e estarão presentes na dissertação, reservando o direito a Bruning Tecnometal Ltda de não compartilhar dados que julgar inapropriados para publicação na dissertação.

Qualquer dúvida sobre informações compartilhadas e sobre a pesquisa, favor entrar em contato pelo telefone 55 9 96317733 ou pelo e-mail [joaogem@email.com](mailto:joaogem@email.com).

  
\_\_\_\_\_  
João Gabriel Stamm  
Aluno

  
\_\_\_\_\_  
Local e Data

Autorizo a publicação de dados da empresa e declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento.

  
\_\_\_\_\_  
Reno Schmidt Júnior  
Diretor de Operações

  
\_\_\_\_\_  
Local e Data