

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RENATO TOSHIRO ONNODA

**MÉTODO PARA SELEÇÃO DE MODOS DE ABASTECIMENTO DE LINHAS DE
MONTAGEM MULTIMODELO: UM ESTUDO MULTICASO**

CURITIBA

2017

RENATO TOSHIRO ONNODA

**MÉTODO PARA SELEÇÃO DE MODOS DE ABASTECIMENTO DE LINHAS DE
MONTAGEM MULTIMODELO: UM ESTUDO MULTICASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, área de concentração em Tecnologia e Inovação, Departamento de Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Doutor Robson Seleme

CURITIBA

2017

O58m

Onnoda, Renato Toshio

Método para seleção de modos de abastecimento de linhas de montagem multimodelo: um estudo multicaso / Renato Toshio Onnoda. – Curitiba, 2017.

76 f ; il. color : 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.

Orientador: Robson Seleme

Bibliografia: p. 73-76.

1. Métodos de linha de montagem. 2. Logística. 3. Peças de máquinas – Indústria. I. Universidade Federal do Paraná. II. Seleme, Robson. III. Título.

CDD: 670.427

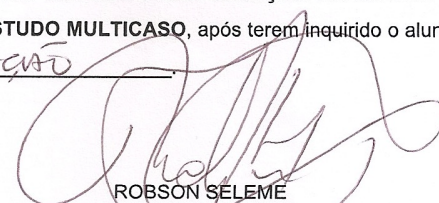


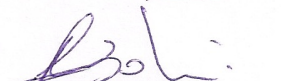
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

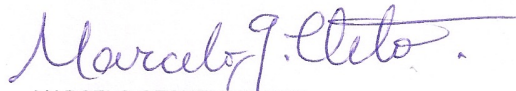
TERMO DE APROVAÇÃO


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **RENATO TOSHIRO ONNODA** intitulada: **METODO PARA SELEÇÃO DE MODOS DE ABASTECIMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM MULTI-MODELO: UM ESTUDO MULTICASO**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO

Curitiba, 24 de Fevereiro de 2017.


ROBSON SELEME
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


GIOVANI ANTONIO BORDINI
Avaliador Externo (PUC/PR)


MARCELO GECHELE CLETO
Avaliador Interno (UFPR)


ARINEI CARLOS LINDBECK DA SILVA
Avaliador Interno (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Robson Seleme. Com sua atenção, compreensão e conhecimentos pôde através do debate ativo e das perspicazes dúvidas implantadas em meu raciocínio me conduzir na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Cleto, professor da época da minha graduação e agora professor deste mestrado, que através de um fortuito contato me estimulou à realização deste.

Ao Sr. João Mayer, diretor do departamento de *Supply Chain*, que na qualidade de meu superior direto, me incentivou e fez possível a minha participação no programa deste mestrado.

Aos demais professores deste programa e convidados, que através das aulas, dos seus próprios exemplos e dos comentários gerais contribuíram para o desenvolvimento de minhas capacidades.

Aos colegas e ex-colegas do próprio curso pelo ótimo ambiente de aprendizado coletivo construído através da mútua cooperação e senso de humor.

Aos colegas e ex-colegas das empresas que atuei, que através dos desafios cotidianos vencidos e por vencer acabam por apoiar e ajudar na construção do conhecimento aqui explorado.

Aos meus familiares, que sempre serão aqueles que recorreremos nos momentos mais difíceis. Mesmo que apenas em pensamentos de agora em diante, no caso de meu pai.

EPÍGRAFE

Porque acreditar que os pontos irão se conectar em algum momento,
vai te dar confiança para seguir seu coração,
mesmo que ele te leve para um caminho diferente do previsto,
e isso fará toda a diferença.

Steve Jobs (2005)

RESUMO

Um das estratégias para suportar o fenômeno da customização em massa é a adoção das linhas de montagem multimodelos. Neste tipo de ambiente, para manter a produtividade, é importante analisar como cada peça será entregue ao operador da montagem. Para assegurar a peça correta, na quantidade certa, para o modelo certo, no tempo correto é necessário definir um método de abastecimento corretamente. Este estudo exploratório tem como objetivo propor um método para a tomada desta decisão. Iniciou-se por um levantamento sistemático na literatura científica para caracterizar os métodos de abastecimento de linhas de montagem. Seguido por três estudos de caso e a aplicação de um método de decisão multicritério para estruturar esta proposta. O principal achado desta pesquisa é que as necessidades do espaço da borda de linha se sobrepõe as características logísticas presentes na planta. Por meio desta conclusão, o método proposto inicia-se com a classificação pelo tamanho das peças, do espaço que ele ocupa e das dificuldades de manuseio ao operador na linha de montagem, seguido pelas características do consumo e pelas características das rotas de abastecimento para por fim definir que o abastecimento deva ser sequenciado, em kits, ou kanbans. O método assim proposto foi aplicado em um estudo de caso onde resultados foram obtidos e analisados. Pelo ponto de vista acadêmico este estudo contribui na evolução do conhecimento em uma área limítrofe entre os estudos de linhas de montagem e os estudos de logística.

Palavras Chave: Linhas de Montagem, Logística, Abastecimento de linha de montagem, abastecimento de peças, apresentação de peças

ABSTRACT

One of the strategies to cope the mass customization is adoption of multi model mix assembly lines. In this environment, keeping the productivity, the important issue is how the operator receive the parts needed to assembly each different model. The right part, for the right model, in the right quantities and time, needs a right selection of line feeding methods. This exploratory research proposes a method to making this decision. This study start with a systematic review of scientific papers in order to summarise the different methods for feed the assembly line. Follow the three studies of cases and a multi criteria method applied to structure this purpose. The main finding of this study is a conclusion that the restrictions of line side assembly spaces were mandatory over logistics conditions. Aimed by this conclusion, the method purposed here starts with the size of piece, follow by characteristics of consumption and the last characteristics of internal routes and supermarkets, in order to define between sequenced deliveries, kitting or kanban in line side. The method of parts classification method suggested is applied through a case and productive gains was obtained. In the academic point of view, this study contributes to raise the knowledge about this mixed area. Interface between assembly lines and logistics studies.

Key words: assembly lines, logistics, line feeding, parts feeding, parts presentation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resumo das Formas de Abastecimento	3
Figura 2 – Protocolo de Pesquisa.....	7
Figura 3 – Estrutura do Capítulo 2.....	9
Figura 4 – Assuntos Abordados nos 27 Artigos Selecionados.....	12
Figura 5 - Estocagem na Linha de Montagem.....	15
Figura 6 – Abastecimento tipo JIS.....	16
Figura 7 – Abastecimento 2bins	17
Figura 8 – Abastecimento por Kits Sequenciados.....	18
Figura 9 – Abastecimento por Kits Kanban	19
Figura 10 – Supermercados como ponto de desacoplamento da sequencia de montagem.....	24
Figura 11 – Substituição da movimentação interna de empilhadeiras por trens	25
Figura 12 – Dificuldades na adoção de grandes embalagens.....	26
Figura 13 – Pré determinantes do modo de abastecimento enxuto em linhas de produção multimodelos	28
Figura 14 – Retirada de pallets de peças da borda de linha de montagem	41
Figura 15 – Espaços liberados na borda da linha	41
Figura 16 – Adaptação de corredores às rotas de abastecimento.....	42
Figura 17 – Adaptação das áreas de separação.....	42
Figura 18 – Remoção dos porta pallets da borda de linha	45
Figura 19 – Critérios para definição dos modos de abastecimento de linhas de montagem.....	48
Figura 20 – Fluxograma de classificação de peças para seleção dos MALM.....	53
Figura 21 – Critério para seleção de tamanho de peças.....	55
Figura 22 – Verificação da característica do consumo das peças	56
Figura 23 – Verificação das características das rotas de abastecimento.....	57
Figura 24 – Conjunto resultante da pré montagem de eixos e rodados.....	60
Figura 25 – Alterações de layout devido a re-balanceamento de atividade	64
Figura 26 – Classificação de tamanho das peças do posto estudado	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Artigos Selecionados X Ano de Publicação.....	11
Gráfico 2 – Evolução dos modos de abastecimento do caso 1.....	40
Gráfico 3 – Evolução dos modos de abastecimento do caso 2.....	44
Gráfico 4 – Diferença do tempo de montagem dos conjuntos entre hidráulicos e mecânicos	61
Gráfico 5 – Tempos que agregam e não agregam valor na montagem dos eixos hidráulicos	62
Gráfico 6 – Pareto das perdas de produtividade na montagem dos eixos.....	63
Gráfico 7 – Evolução do tempo de montagem dos conjuntos hidráulicos e mecânicos	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Artigos selecionados que abordam diferentes modos de apresentação das peças ao operador da montagem.....	13
Quadro 2 – Resumo dos modos de apresentação das peças ao operador	20
Quadro 3 – Artigos selecionados que abordam as adaptações necessárias para suportar o abastecimento enxuto	21
Quadro 4 – Protocolo de pesquisa para estudo Multicasos	32
Quadro 5 – Guia das comparações paritárias	34
Quadro 6 – Protocolo de pesquisa para estudo de caso para aplicação do método	36
Quadro 7 – Comparação paritárias dos especialistas	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala fundamental de importância relativa do AHP.....	34
Tabela 2 – Valores de RI para matrizes de diferentes tamanhos	35
Tabela 3 – Matriz de comparação paritária para os MALM	50
Tabela 4 – Matriz de comparação normalizada	50
Tabela 5 – Calculo do auto vetor	51
Tabela 6 – Calculo do auto valor	52
Tabela 7 – Resultado da reclassificação das peças.....	65

LISTA DE SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
BDL	Borda de Linha
CLI	Características da Logística Interna
CM	Customização em Massa
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
JIS	<i>Just in Sequence</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
MALM	Modo de Abastecimento de Linhas de Montagem
MAPO	Modo de Apresentação da Peça ao Operador
PE	Produção Enxuta
PM	Produção em Massa
WCM	<i>World Class Manufacturing</i>
WMS	<i>Warehouse Management System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Contexto	1
1.2	Tema.....	3
1.3	Justificativa	4
1.4	Objetivos.....	5
1.4.1	Objetivo Geral.....	5
1.4.2	Objetivos Específicos	5
1.5	Delimitações	5
1.6	Procedimentos Metodológicos.....	6
1.7	Estrutura da Dissertação	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Apresentação das Peças (MAPO).....	13
2.1.1	Estocagem na linha ou Line Stocking.....	14
2.1.2	Abastecimento por conceitos do Just in Time	15
2.1.2.1	Abastecimento JIS – Just in Sequence	16
2.1.2.2	Abastecimento Kanban e 2 caixas	16
2.1.3	Kitinização ou Kitting	17
2.1.3.1	Kits Sincronizados ou Sequenciados	18
2.1.3.2	Kits Kanban ou Puxados	19
2.2	Organização do Fluxo Interno das Peças (CLI).....	21
2.2.1	Supermercados e Areas de Separação.....	23
2.2.2	Rotas de Abastecimentos e <i>Mizusumashi</i>	24
2.2.3	Embalagens e Prateleiras dinâmicas	25
2.3	Modos de abastecimento (MALM).....	27
3	METODOLOGIA	30
3.1	Procedimento para o Levantamento Bibliográfico	30
3.2	Procedimento para o Estudo Multicaso	31
3.3	Procedimento para a Construção da Proposta.....	33
3.4	Procedimento para o Estudo de Caso.....	35
4	ESTUDO MULTICASO	38
4.1	Montadora de Equipamentos Rodoviários.....	38
4.2	Montadora de Maquinários Agrícolas	43

4.3	Montadora de Equipamentos de Construção	45
5	PROPOSTA DE MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE PEÇAS	48
5.1	Classificação pelo Tamanho das Peças.....	54
5.2	Classificação pela Características do Consumo	55
5.3	Classificação pela Característica da Rota de Abastecimento	56
5.4	Método Proposto	58
6	ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO	60
6.1	Caracterização do Estado Inicial	61
6.2	Aplicação do Método Proposto	64
6.3	Resultados Obtidos	66
7	CONCLUSÕES.....	69
7.1	Recomendações e Sugestões de Pesquisas Futuras	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório apresenta-se a contextualização do tema de pesquisa seguido pelas justificativas que suportam e explicam a relevância tanto no ambiente da competitividade empresarial quanto no ambiente científico. Contém também o objetivo geral e os específicos da pesquisa, as delimitações, a metodologia aplicada, finalizando com uma explanação de como a mesma é documentada nos capítulos seguintes.

1.1. CONTEXTO

O futuro econômico da indústria aponta na direção de sistemas flexíveis de produção, técnicas avançadas de manufatura e habilidade intensiva para a fabricação de produtos customizados (GERWIN, 1993). Esta necessidade de atender de forma cada vez mais individualizada dos consumidores mantendo os custos similares aos itens produzidas em massa, é a base e ao mesmo tempo objetivo da Customização em Massa (CM). Um dado que ilustra este fenômeno Fettermann et al (2015) cita o aumento de 319% nos modelos de automóveis disponíveis ao consumidor no mercado norte americano, entre 1973 com 84 modelos a 2014 com 268 modelos.

Em estudos sobre a CM e estratégias para seu sucesso nas empresas, Vigna e Miyake (2009), afirmam que a CM pode ser entendida como a extensão da Produção Enxuta (PE) no âmbito da operação interna (Manufatura e Logística interna). Pois a PE introduziu a questão de produção de *mix* de produtos, com *setups* baixos e pequenos lotes em relação ao paradigma anterior que era a da Produção em Massa (PM) com sua baixa variedade e altas quantidades empurradas para o mercado consumidor.

Um dos impactos da CM ou característica da PE mais relevante neste contexto, se concentra na flexibilidade na manufatura. Segundo Gerhardt et al (2007), a utilização de uma configuração flexível na manufatura surge como ponto chave para produção de produtos diferenciados e se constitui em característica essencial para responder aos pequenos ciclos de vida dos produtos, pequenos a médios volumes de produção, mudanças no padrão de demanda e à grande variedade de modelos e opções de produto. Nesta pesquisa, buscou-se setores da

indústria de equipamentos rodoviários, equipamentos agrícolas e de construção civil. Setores que possuem grandes produtos, com uma grande diversidade de peças, modelos e opcionais, além das variações de demanda, correspondendo com o ambiente onde a manufatura flexível é chave para a competitividade.

Desta forma um dos elementos chaves da CM é a necessidade da adoção de linhas de montagem multimodelos. Estas linhas são geralmente utilizadas para montagem de dois ou mais modelos diferentes de um mesmo produto, cujos itens de produção se alteram de modelo para modelo continuamente na linha de montagem (SARKER; PAN, 1998). Uma das implicações das linhas de montagem multimodelos, está no aumento da diversidade das peças e ferramentas necessárias a atividade de montagem do operador. O aumento do número de peças, podem elevar os deslocamentos do mesmo dentro da área de trabalho. Segundo Shingo (1986), o excesso de movimentação classifica-se como um dos sete desperdícios que ocorrem nas linhas de produção. Desta forma, uma das condições para a manutenção dos custos em um ambiente de CM, está na forma que as diversas peças são apresentadas ao operador.

Reforçando a importância da redução dos deslocamentos inúteis Womack et al. (2004) afirma que na estação de trabalho as peças devem ser apresentadas ao operador, onde forem necessárias e de acordo com a evolução do trabalho. Abre-se portanto a necessidade da criação de modos de alimentação das linhas de montagem que façam frente a este cenário de aumento da diversidade, a frequente introdução e retiradas de modelos nas linhas de montagem, sem um aumento dos deslocamentos inúteis do operador.

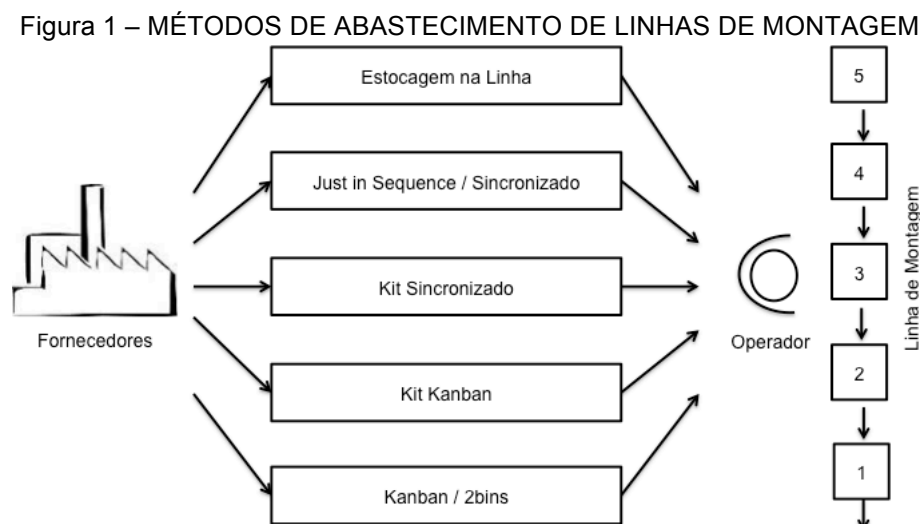
Sobre os modos de abastecimento das linhas de montagem (MALM) ou *Line Feeding Modes*, estão presentes na literatura termos como: estoque na linha ou line stocking, Kanban, Duas caixas ou *Two Bins*, Kitinização ou Kitting, Sincronizados ou JIS Just in Sequence. O primeiro citado, line stocking ou estoque na linha, refere-se a abastecer a linha com grandes quantidades de material próximo ao operador, para que este possa apanhar as peças necessárias ao seu trabalho. O Kanban e o *two bins*, caracterizam-se por um sistema puxado de ressuprimento. Onde a partir do consumo dispara-se um cartão ou uma caixa vazia como sinal do ponto para puxar peças do estoque para a borda de linha novamente. A Kitinização, consiste em um agrupamento realizado previamente para que o operador receba um conjunto de peças que devem ser usados a cada momento no posto de trabalho. Por último

encontra-se o sistema sincronizado. Onde as peças estão ordenadas de acordo com a sequencia prevista de diferentes modelos a serem montados na linha.

Todos estes modos, de forma isolada ou em pares, estão descritos em diversas publicações, destacando-se entre elas: Johansson et al. (2004), Limère et al. (2011), Mustapha (2015) e Faccio (2014). Uma visão mais detalhada será apresentada no capítulo de fundamentação teórica uma vez que o tema central deste trabalho é a seleção dos diversos modos de abastecimento e suas condições de contorno presentes nas linhas de montagem multimodelos.

1.2 – TEMA

O tema deste trabalho é o modo de abastecimento de linhas de montagem multimodelos. Mais precisamente a seleção dos diversos modos e combinações destes para que sejam minimizados os movimentos inúteis do operador da montagem, sem a interrupção da produção e que seja viável no ponto de vista de movimentações internas de materiais pela logística. Na figura 1 estão representadas de forma resumida as alternativas de modos de abastecimento estudados neste trabalho.



Fonte: O autor (2017).

Cada peça recebida dos fornecedores deve ter um modo definido que suprirá o operador de linha de forma contínua e exata seguindo as restrições já citadas anteriormente.

1.3 – JUSTIFICATIVA

Pela perspectiva da competitividade empresarial, além dos efeitos da CM explorado na contextualização desta pesquisa, há de ser incluso o aspecto da inovação. A decisão sobre o MALM é baseada em restrições e premissas que serão exploradas no decurso deste trabalho. Porém estas sofrem mutações devido a introdução constante de alterações do produto/modelo produzido bem como a introdução de novas tecnologias para suportar este fluxo de materiais dentro das plantas fabris. Indústrias como as escolhidas para o estudo de caso (equipamentos rodoviários, agrícolas e construção), passam constantemente por atualizações de produtos, incremento de opcionais e variantes para se manterem competitivas, acrescenta-se também a grande variação dos componentes utilizados. Peças de diversas características, de diversas origens, que devem ser apresentadas corretamente aos operadores no ponto de montagem.

Nestes setores, também tem como características a variação de volumes de produção. Fatores econômicos, políticos e os ligados a sazonalidade da agricultura, causam esta variação. Porém na esteira desta variação de volumes há também redução ou aumento de quadro de colaboradores. Exigindo assim também uma constante revisão do balanceamento de atividades entre postos de fabricação. Desta forma, variando também o ponto de alimentação dos componentes ao longo da linha de montagem. Ou seja, há uma necessidade de transformar a decisão de um evento estático em um processo decisório que possa ser atualizado constantemente de acordo com a evolução das condições de contorno.

Outro ponto relevante que justifica esta pesquisa é a natureza multidisciplinar dentro da organização. Esta decisão envolve tanto a fabricação quanto a movimentação de materiais. Ou seja, a produção propriamente dita e a logística.

Portanto, do ponto de vista acadêmico, este trabalho pode colaborar com a exploração de assuntos multidisciplinares envolvendo as estratégias de organização das linhas de montagem. Lacuna apontada por Silva et al. (2015) em seu levantamento e revisão bibliográfica a respeito de linhas de montagem. Corroborada por Limére (2011) e Mustapha (2014) em seus respectivos trabalhos.

1.4 – OBJETIVOS

Para responder a questão de pesquisa de como as peças devem ser abastecidas nas linhas de montagem multi modelos, apresenta-se os objetivos a seguir.

1.4.1 – Geral

Propor um método para a seleção dos modos de abastecimento enxuto das linhas de montagem de bens duráveis multimodelos objetivando maior produtividade e suporte a customização em massa.

1.4.2 – Específicos

- Identificar e caracterizar os modos de abastecimento enxutos em linhas de montagem multimodelos;
- Identificar e caracterizar as empresas e linhas de montagem objeto do estudo multicaso;
- Identificar os fatores para a seleção dos modos de abastecimento utilizados nas empresas pesquisadas;
- Propor e aplicar o método para a seleção dos modos de abastecimento.

Para que haja factibilidade destes, contribuindo de forma efetiva no desenvolvimento do conhecimento sobre este tema, delimitações foram estabelecidas e são apresentadas na sequencia.

1.5 – DELIMITAÇÕES

Os setores de atuação das empresas estudadas, no caso equipamentos rodoviários, agrícolas e de construção, estão em constante transformação. Seja pela inovação de seus produtos, pela inovação dos meios de fabricação, pela alteração das redes de fornecimento. Além da variação de volumes de produção e seus processos de balanceamento de atividades subsequentes. Assim, a primeira delimitação é sob o aspecto da temporalidade da decisão. A proposta toma como base o contexto situacional das empresas estudadas. Desta forma, ações de efeito a

médio e longo prazo não são escopo deste estudo. Como exemplo desta delimitação, possíveis ou futuras alterações do desenho do produto aplicando-se conceitos de *Design for Assembly* ou alterações do nível de integração com fornecedores com a linha de montagem como sistemistas não estão presentes como critério de decisão imediata do modo de abastecimento. A proposta da metodologia toma como condição de contorno a lista de itens que devem ser abastecidos nos postos de montagem, tal qual elas são recebidas de seus fornecedores. Outra condição de contorno no aspecto temporalidade é as condições logísticas que dão suporte aos modos de abastecimento, como por exemplo a existência ou não de rotas e supermercados internos à planta.

Sob aspecto dos limites físicos e de responsabilidade da decisão: a proposta toma como base as áreas de responsabilidade e autoridade da logística interna e da manufatura. Iniciando no recebimento de materiais da planta e finalizando no operador cliente da célula de montagem abordada.

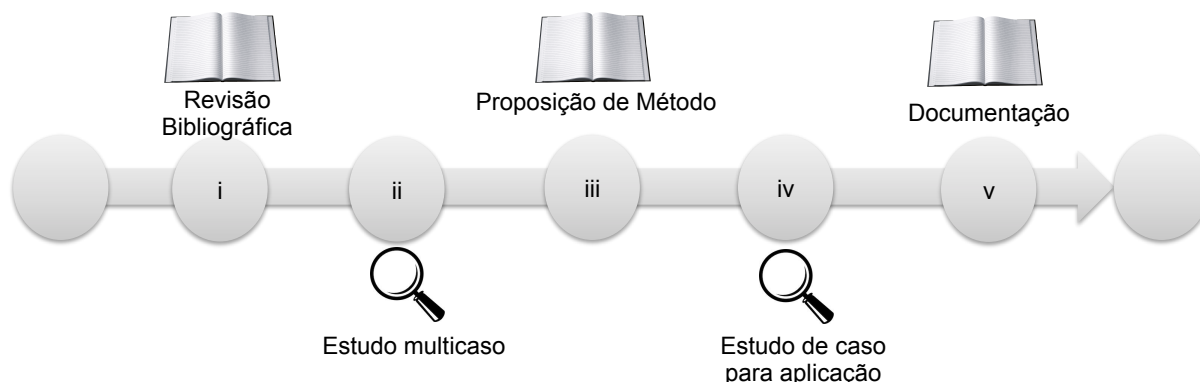
Outro aspecto relevante a respeito das delimitações desta pesquisa, se trata da abrangência das conclusões aqui desenvolvidas. Por se tratar de uma amostragem não probabilística e intencional referente ao grupo de empresas e seus especialistas que contribuíram para a elaboração da proposta de seleção do modos de abastecimento, as conclusões aqui obtidas não podem ser generalizadas. Necessitando portanto estudos complementares para tanto.

Uma vez definido o escopo e as delimitações deste, segue-se neste trabalho os meios em que esta pesquisa foi conduzida. Os procedimentos metodológicos são introduzidos no item seguinte.

1.6 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Gil (2008), para que um conhecimento possa ser considerado científico, torna-se necessário identificar as operações mentais e técnicas que possibilitam a sua verificação. Desta forma, para responder aos objetivos listados anteriormente esta pesquisa foi conduzida em 5 fases: revisão bibliográfica, estudo multi caso, construção de um método de seleção do modo de abastecimento, uma aplicação prática e documentação. Sumarizadas no protocolo de pesquisa da figura 2.

Figura 2: PROTOCOLO DE PESQUISA



Fonte: O autor (2017).

Detalhando-se as 5 fases citadas, tem-se:

- i – Levantamento da bibliografia científica a respeito do tema a fim de se estabelecer as bases teóricas científicas que suportam esta pesquisa.
- ii – Estudo multi caso, a fim de se conhecer os critérios e sistemáticas empíricas utilizadas em empresas com linhas de montagem flexíveis de grandes equipamentos.
- iii – Estabelecimento de um método replicável para seleção dos modos de abastecimento.
- iv – Aplicação do método proposto por meio de um estudo de caso.
- v – Análise, documentação e divulgação da pesquisa.

1.7 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Considerando-se os termos estabelecidos no capítulo 1, o capítulo 2 apresenta a revisão da literatura que busca identificar e caracterizar os diversos modos de abastecimento e suas principais aplicações. Estabelecendo assim os principais critérios que compõe o questionário de comparação pareada que é dirigido a uma amostra não probabilística e intencional, conforme descrito no capítulo 3 – metodologia aplicada. Os resultados deste levantamento de campo serão apresentados no capítulo 4. No capítulo 5, baseados nos dados levantados, apresenta-se a proposição do método para a decisão do modo de abastecimento. Seguido no capítulo 6, de um estudo de caso onde aplica-se o método proposto.

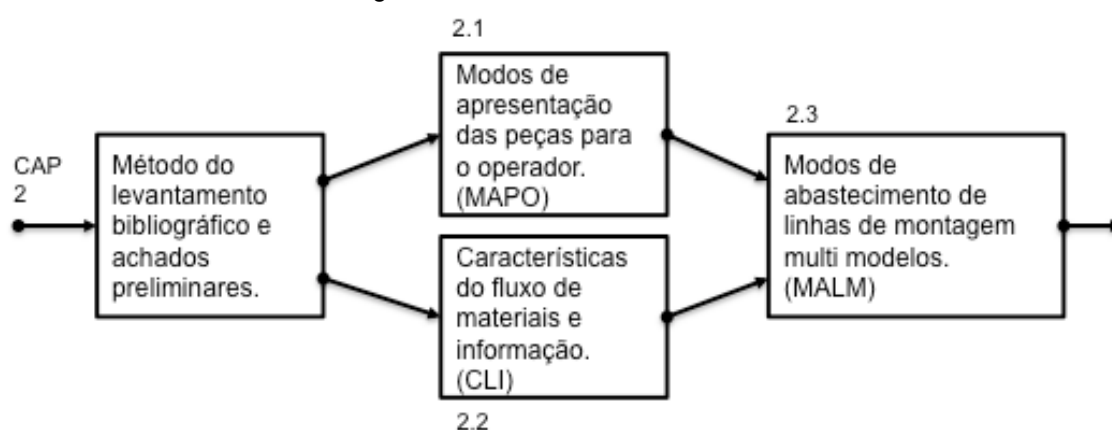
Este estudo para aplicação do método proposto se deu em uma empresa de fabricação de equipamentos agrícolas de médio e grande porte diferente das outras três que foram caracterizadas para o multicaso. Porém também sujeito ao mesmo contexto das anteriores: inovações de produtos e processos, introdução de novas tecnologias, mudanças das fontes de fornecimento e alterações do balanceamento de atividades entre os postos de trabalho. Encerrando-se no capítulo 7, onde se descreve as conclusões do trabalho realizado e as sugestões de pesquisas futuras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo buscou-se identificar na produção científica disponível o tema de abastecimento de linhas de montagem multi modelos. Quais são as soluções disponíveis, quais as práticas e possíveis lacunas sobre os modos de abastecimento que mesclam as exigências e limitações de duas grandes áreas do estudo da engenharia de produção: as linhas de montagem e a logística.

Este capítulo inicia-se com a explanação sobre os critérios de pesquisa adotados no levantamento bibliográfico, as fontes utilizadas e as grandes linhas abordadas por diferentes autores. Na sequencia, divide-se o assunto do abastecimento enxuto de células de montagem multi modelos em duas linhas de abordagem para melhor entendimento e análise: as inerentes ao modo de apresentação das peças ao operador (MAPO) e quais os pontos que suportam estes modos de apresentação pelo lado dos fluxos de materiais e de informação presentes na planta industrial, as características da logística interna (CLI). Por fim, apresenta-se o cruzamento destas duas abordagens onde busca-se caracterizar as escolhas que os gestores precisam tomar na questão de classificação de peças e implantação de fluxos para o atendimento da linha de produção sem interrupções minimizando os deslocamentos inúteis no processo (figura 3).

Figura 3: ESTRUTURA DO CAPÍTULO 2



Fonte: O autor (2017).

Sobre o levantamento bibliográfico, seguiu-se o roteiro sugerido por Levy e Ellis (2006), para a condução deste levantamento bibliográfico, a saber:

Passo 1 – Seleção da base de dados a serem explorados

Passo 2 – Seleção das palavras chaves, operadores lógicos e critérios de refino

Passo 3 – Leitura Exploratória: Título, Resumo e Palavras-Chaves

Passo 4 – Classificação dos artigos

Passo 5 – Seleção dos artigos

Passo 6 – Classificação dos Artigos Selecionados

Passo 7 – Sumarização dos achados da pesquisa

No passo 1 e 2, buscou-se na base de periódicos da CAPES e da Taylor and Francis (<http://www.tandfonline.com>) com a seguinte “*string*” de pesquisa: “(Assembly Lines) AND (Logistics)”, partindo-se das duas áreas de concentração do tema proposto.

Na base da CAPES esta busca resultou em 80 artigos. Destes, através da leitura exploratória, selecionou-se 15 artigos diretamente relacionados com o problema de abastecimento de linhas de montagem multi modelos.

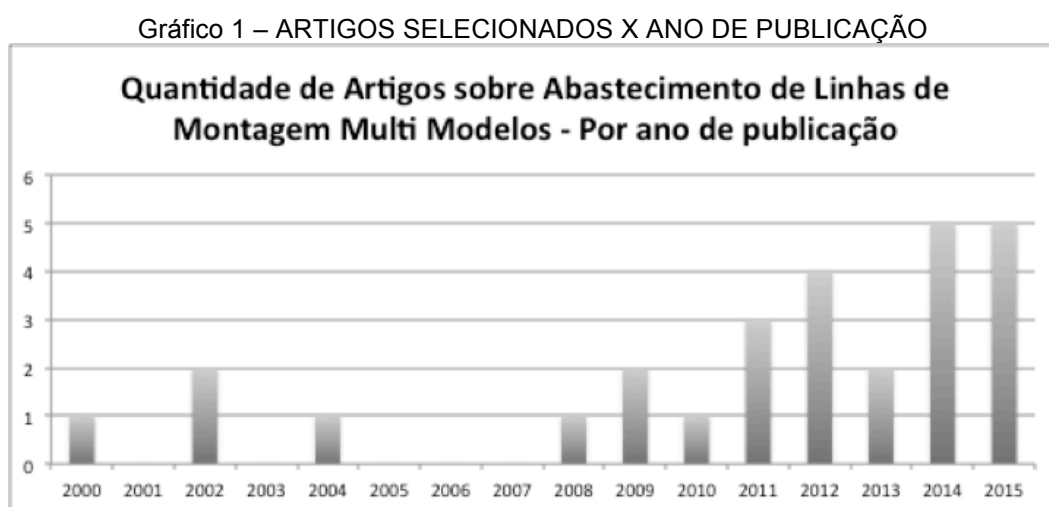
Já para a segunda fonte, Taylor and Francis, foi utilizado a mesma “*string*” inicial, porém dado o número elevado de retorno (2090 artigos), refinou-se a pesquisa selecionando-se somente publicações em “*Journals*”, da área de indústria e com as palavras (*line feeding*) OR (*parts feeding*) OR (*parts presentation*) no resumo dos trabalhos. Desta busca, resultaram 52 artigos relacionados. Da mesma forma, aplicou-se a leitura exploratória, identificando mais 12 artigos.

Resultando desta forma 27 artigos relacionados ao tema da (15 da CAPES e 12 da Taylor and Francis) que formam a base teórica desta pesquisa.

A respeito dos artigos que foram excluídos da leitura exploratória, 32% foram descartados por abordarem temas ligados à organização geral da Cadeia de Suprimentos (como formação de condomínios de fornecedores, localização das fontes de fornecimento para linhas de montagem, etc), 31% focaram estudos nas restrições do sequenciamento e programação das linhas de montagem (citando os processos de abastecimento como restrições), 18% abordam como tema principal o balanceamento de atividades entre postos da linha (também citando o abastecimento como restrição ou oportunidade), 12% se concentram em estudos e simulações de adoção de tecnologias como RFID (*Radio Frequency IDentification*) e

AGV (*Auto Guided Vehicules*) em processos já existentes de abastecimento de linha e 7% de assuntos genéricos ou repetições entre as bases.

Retornando aos 27 artigos selecionados, embora o processo de amostragem realizado seja não probabilístico e também não permitindo a generalização dos resultados, chamam a atenção dois pontos a saber: um aparente aumento do interesse acadêmico sobre o tema abastecimento de linha nos anos de 2014/2015 (Gráfico 1) e a evolução dos conceitos partindo da estocagem na linha até os modelos mistos de abastecimento em kits sincronizados e kits puxados por kanban.



Fonte: O autor (2017).

No resumo destas 27 obras selecionadas, percebe-se que o problema de abastecimento de linhas de montagem multi modelos, evoluiu de conceitos de estocagem na linha com grandes embalagens, para entregas frequentes em pequenas quantidades, até mesmo em kits. Agrupando estas obras pelas análises e resultados obtidos nas mais diferentes metodologias, temos um recorte de como o problema de abastecimento de linha multi modelo fora retratado pela comunidade científica.

Em se tratando do MAPO, assuntos como: estocagem de linha, abastecimento JIT e seus desdobramentos em JIS (sequenciados) e Kanban/2 bins, Kitinização seja sincronizada ou puxada, foram abordadas por 19 artigos dos 27 previamente selecionados. Nove destes, caracterizam ou abordam a estocagem de linha como contraponto aos modos enxutos de abastecimento de linha. Três abordam o abastecimento segundo regras do JIT não especificando se são sequenciados ou puxados (kanban ou 2 bins). Sendo que, cinco autores abordam o

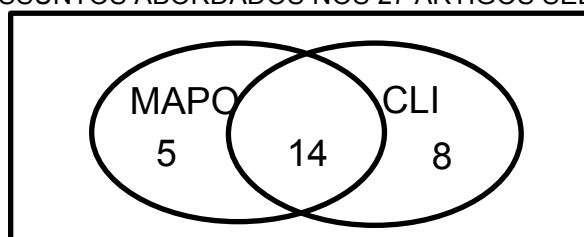
sequenciado e sete o kanban mais especificadamente. Já sobre o abastecimento em kit, seis discutem a introdução destes nos sistemas de abastecimento e dois detalham e diferenciam os kits sequenciados e puxados.

No mesmo grupo de artigos, a CLI foi abordado através da implicação dos dispositivos utilizados (embalagens e prateleiras) por 7 obras, Supermercados e rotas de abastecimento por 14 e finalmente 4 apontam para a necessidade de um sequenciamento de modelos a serem montados e balanceamento de atividades na linha de montagem como suporte a um fluxo suave e enxuto de abastecimento de linha.

No resumo deste apanhado geral da literatura científica levantada, constata-se que o problema de abastecimento de linha é complexo e envolve além do modo de como as peças são apresentados ao operador (MAPO), incluem-se as atividades de suporte a estes modais (CLI). Tais como: modelos de embalagens, flow racks, trens internos, rotas, supermercados internos e sequenciamento e balanceamento das linhas de montagem.

Outra visão geral sobre as 27 publicações está na forma que os autores abordaram o tema. São duas as formas principais de abordagem: a dos modos de apresentação das peças ao operador (MAPO) e das características da logística interna (CLI). Representado na figura 4, os artigos que abordam de forma exclusiva uma ou outra e sua zona de interseção.

Figura 4 – ASSUNTOS ABORDADOS NOS 27 ARTIGOS SELECIONADOS



Fonte: O autor (2017).

Sendo que para a continuidade deste levantamento segue-se estas duas formas de abordagem listadas no parágrafo anterior. Resgatando e detalhando: o primeiro tratará a questão de como as peças são apresentados ao operador do posto de montagem (MAPO) em uma visão da manufatura, o segundo aborda o tema pelo lado da logística, o da organização do fluxo de peças e de informação necessários para o suporte dos modos apresentados na primeira parte (CLI).

2.1 – APRESENTAÇÃO DAS PEÇAS (MAPO)

Conforme já citados anteriormente, os artigos abordam as alternativas para abastecimento de linha sob vários aspectos. Cada autor, em cada ano de publicação traz narrativas de duas ou mais proposições de apresentação das peças utilizadas em sua pesquisa, segundo seu recorte de escopo, de tempo e empresa (s) estudada(s). No quadro 1 demonstra-se um panorama de 19 artigos que citam um modo ou outro de apresentação das peças ao operador .

Quadro 1 – ARTIGOS SELECIONADOS QUE ABORDAM DIFERENTES MODOS DE APRESENTAÇÃO DAS PEÇAS AO OPERADOR DA MONTAGEM

Título	Autor (Ano)	Estocagem na linha	JIT		KIT	
			Sequenciado	Kanban e 2 Bins	Kit Sequenciado	Kit Kanban
<i>An Evolutionary Algorithm for Sequencing Production on a Paced Assembly Line</i>	Sumichrast et al. (2000)	x	x			
<i>An optimal cart moving policy for a flexible manufacturing system</i>	Xiaobo et al. (2002)		x			
<i>The information gap between design engineering and materials supply systems design</i>	Johansson & Johansson (2004)				x	
<i>Design of the optimal feeding policy in an assembly system.</i>	Battini (2009)		x		x	
<i>The impact of materials feeding design on assembly process performance</i>	Wanstrom & Medbo (2009)	x				
<i>Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking</i>	Hua & Johnson (2010)	x			x	
<i>Scheduling just-in-time part supply for mixed-model assembly lines</i>	Boysen & Bock (2011)		x			
<i>Impact of materials exposure on assembly workstation performance</i>	Finnsgard et al. (2011)	x		x		
<i>Optimizing part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking</i>	Limere et al. (2011)	x			x	
<i>Kitting and time efficiency in manual assembly</i>	Hanson & Medbo (2012)	x			x	
<i>Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry</i>	Satoglu & Sahin (2013)			x		
<i>Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets</i>	Boysen & Emde (2014)		x		x	

<i>The impact of production mix variations and models varieties on the parts-feeding policy selection in a JIT assembly system</i>	Faccio (2014)	x		x	x	x
<i>A Multiobjective Optimization Algorithm to Solve the Part Feeding Problem in Mixed-Model Assembly Lines</i>	Fathi et al. (2014)		x	x		
<i>A novel memetic ant colony optimization-based heuristic algorithm for solving the assembly line part feeding problem</i>	Fathi et al. (2014)		x	x		
<i>Part logistics in the automotive industry: Decision problems, literature review and research agenda</i>	Boysen et al (2015)	x	x	x		
<i>A simulative approach for evaluating alternative feeding scenarios in a kanban system</i>	Lolli et al. (2015)			x		
<i>A modified particle swarm optimization algorithm to solve the part feeding problem at assembly lines</i>	Fathi et al. (2015)		x			
<i>An empirical assessment of the performances of three line feeding modes used in the automotive sector: line stocking vs. kitting vs. Sequencing</i>	Mustapha et al. (2015)	x	x		x	x

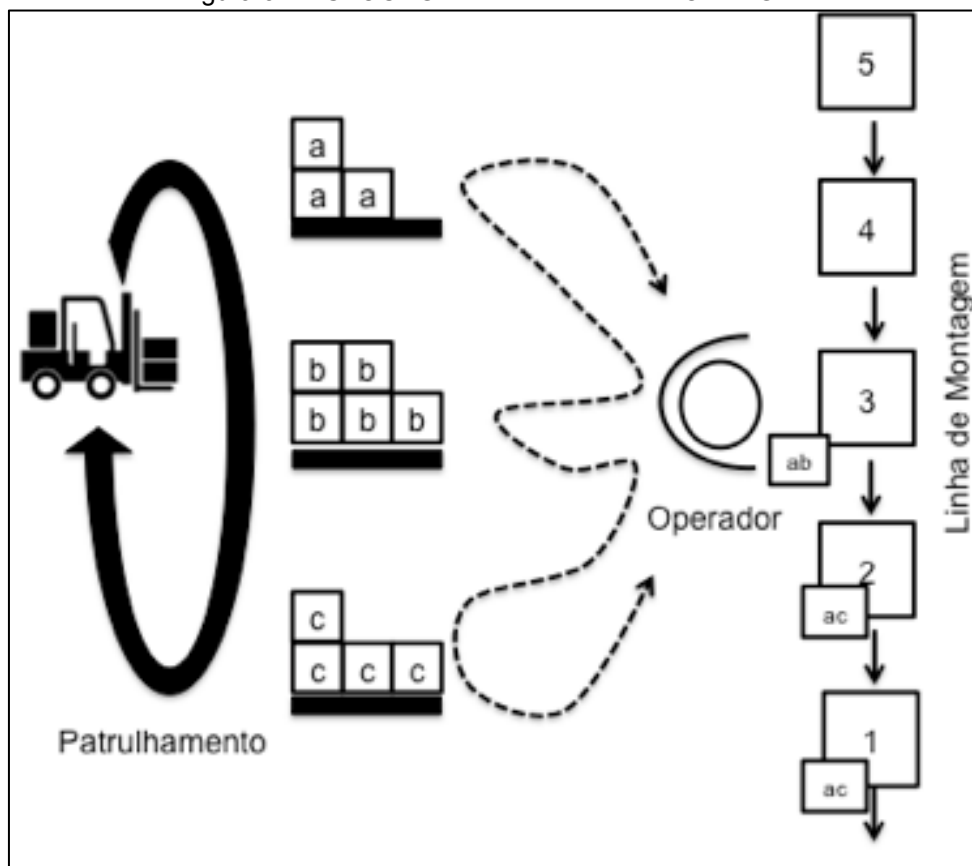
Fonte: O autor (2017).

Desta seleção, apresenta-se as definições para o modo de apresentação das peças ao operador da linha de montagem de acordo com a linha de evoluções dos conceitos e sua inter-relação, descritas nos sub-tópicos a seguir.

2.1.1 – Estocagem na linha ou *Line Stocking*

Abordados pelos autores dos artigos assinalados no quadro 2 como o paradigma inicial da produção em massa (PM). Altos volumes, em embalagens grandes movimentados por empilhadeiras até a borda da linha. Sistema simples mas que imputam ao operador da linha uma grande perda devido as dificuldades de separação dos itens a serem utilizados na montagem. Sobre a manutenção destes estoques para que não haja falta de itens na montagem, além de quantidades altas de cada item, neste sistema o momento de reposição é feita através de monitoramento constante do abastecedor, ou patrulhamento (figura 5). Comumente caracterizado pelo uso de empilhadeiras para tanto.

Figura 5 – ESTOCAGEM NA LINHA DE MONTAGEM



Fonte: O autor (2017).

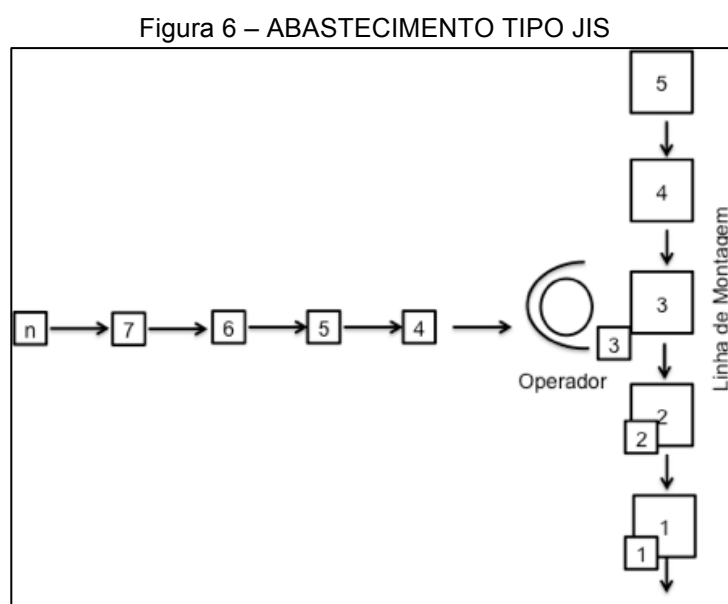
Este modo nem é considerado por muitos autores como forma de apresentação enxuta de peças ao operador. Uma das principais críticas a este sistema é a não separação de atividades de separação e transporte do item (próprias da logística) com as atividades de montagem (próprias da montagem).

2.1.2 – Abastecimento por conceitos do JIT - *Just in Time*

Neste modo de abastecimento, os autores Sumichrast et al. (2000), Xiaobo et al. (2002) e Battini (2009) apontam abastecimento de pequenas quantidades, com grande frequência de entrega de modo a reduzir a quantidade de itens ao operador, facilitando sua atividade de procura e separação dos itens. Porém não aprofundam o tema nos seus respectivos trabalhos. Posteriormente, este tipo de abastecimento fora desdobrado em dois outros tipos, listados na sequência.

2.1.2.1 – Abastecimento JIS – *Just in Sequence*

Abordado ainda como Sequenciado ou síncrono pelos autores Boysen e al. (2011, 2014 e 2015), Fathi et al. (2014 e 2015) e Mustapha et al. (2015), consiste na entrega do componente exato, no posto de trabalho, na ordem estabelecida pela sequencia de montagem do diversos modelos da linha. Sistema que implica o uso do sequenciamento previsto na montagem como informação primordial para a separação e ordenação do item a ser entregue na linha. Conforme figura 6.



Fonte: O autor (2017).

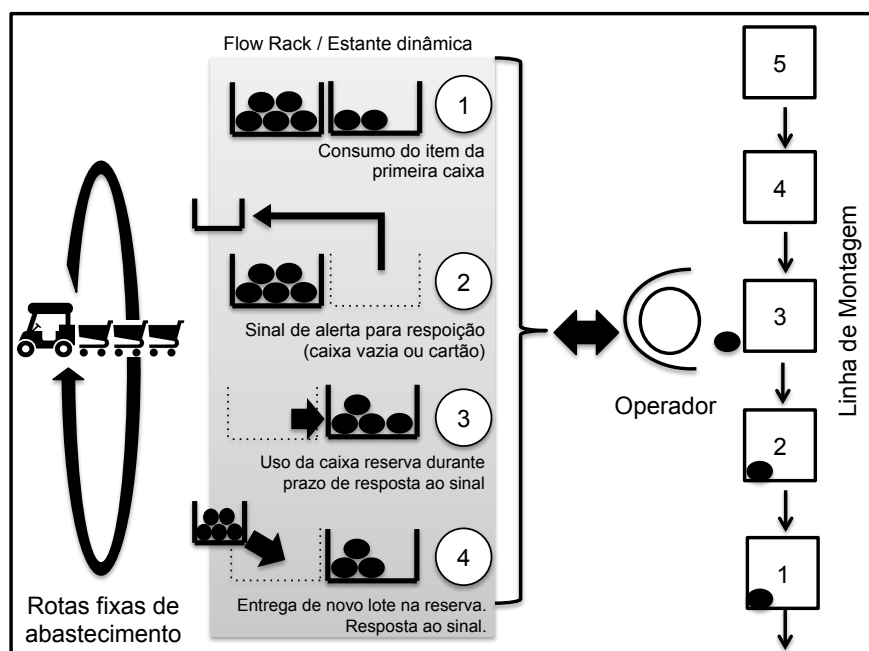
Abastecimento por Sequenciado, ou *Just in Sequence* (JIS) ou ainda sincronizados, são comumente associados a peças grandes, de movimentação difícil e que ainda sofrem alterações de modelo ou cor, conforme a sequencia programada de modelos na linha de montagem.

2.1.2.2 – Abastecimento Kanban e 2 caixas

O sistema kanban e/ou sistema de abastecimento de 2 caixas, consiste no uso de 2 (ou mais) embalagens pequenas ou de cartões como forma de sinalização da necessidade de reposição de um item na borda de linha (figura 7). Conforme os itens são consumidos pelo operador, caixas ou cartões são liberados. Estes cartões

ou embalagens vazias são o sinal que está em tempo de repor o estoque pois uma segunda caixa entra em uso até que o ciclo se complete, normalmente utilizados para pequenos itens de uso constante. Segundo autores Finnsgard et al. (2011), Satoglu & Sahin (2013), Faccio (2014), Fathi et al. (2014), Boysen et al. (2015), Lolli et al. (2015).

Figura 7 – ABASTECIMENTO 2BINS



Fonte: O autor (2017).

O abastecimento via duas caixas ou cartões kanban, se embasam na técnica de reposição puxada dos itens. O sinal que pode ser caixa vazia ou cartão dispara o processo de reabastecimento. Comumente associado a itens pequenos, dispostos em pequenas caixas, que são servidos ao operador através de prateleiras dinâmicas ou *flow racks*.

2.1.3 – Kitinização ou Kitting

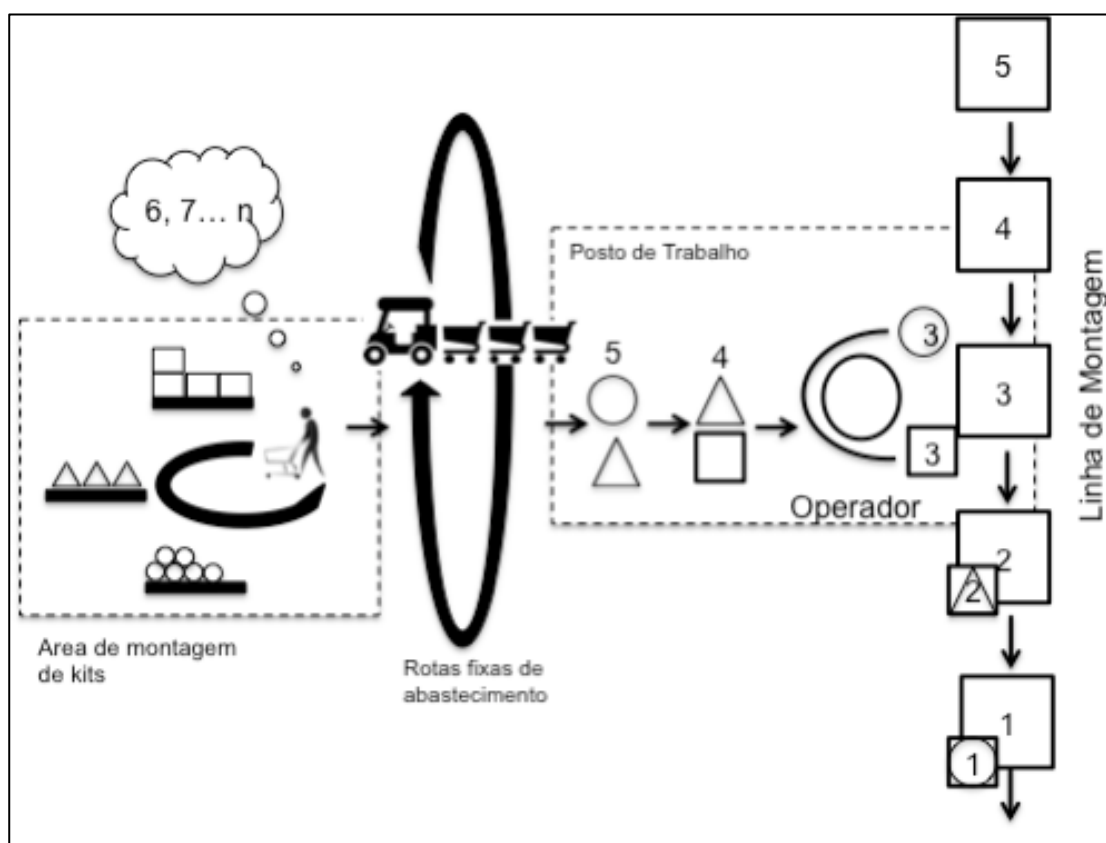
As publicações de Johanson & Johanson (2004), a respeito dos sistemas de fornecimento e suas influências no desenho do produto, foram referenciadas pelos autores Battini (2009), Hua & Johnson (2010) e Limere et al. (2011) em seus estudos sobre o uso do kit no abastecimento de linha. Este método consiste no agrupamento prévio de diversos itens em volumes únicos a serem apresentados ao operador da

montagem. Ganhando-se em espaço na borda de linha de montagem, redução da movimentação do operador e prevenindo as montagens erradas por troca de peças ou montagens incompletas. Porém, todos os autores ressaltam como desvantagem deste sistema a necessidade de um aumento da complexidade na atividade de separação da logística interna das fábricas. Por fim, Faccio (2014) e Mustapha et al. (2015) relatam dois desdobramentos deste sistema.

2.1.3.1 – Kits Sincronizados ou Sequenciados

São kits que são apresentados ao operador seguindo o sequenciamento de linha de montagem. Os processos de separação e de transporte interno são comandados pela informação da sequencia prevista de montagem Figura 8.

Figura 8 – ABASTECIMENTO POR KITS SEQUENCIADOS



Fonte: O autor (2017).

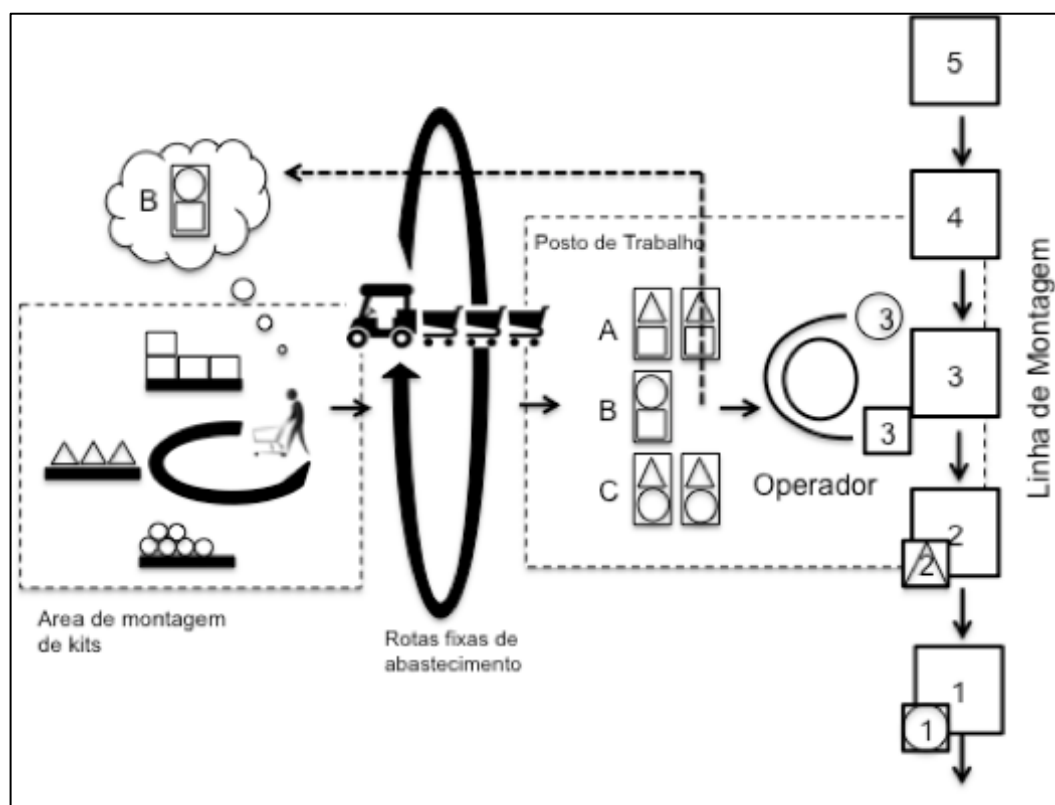
Os kits, são pré separações de itens de acordo com o posto/modelo de montagem. Estes kits oferecem como vantagem a ocupação baixa de espaço na

borda de linha (comparada a hipótese de que cada peça do kit ocupe uma embalagem), e a questão de controle de que o item certo está sendo montado no modelo certo. Adequado as peças médias de uso específico, pois as de uso constante (em todos os modelos) existe o sistema kanban, e as peças grandes existe o sequenciado.

2.1.3.2 – Kits Kanban ou Puxados

Também se trata de kits, porém não utilizam a previsão da sequencia de modelos a ser montada pelo posto cliente. Comumente, o kit montado de cada modelo é apresentado em alternativas ao consumo pela operação de montagem. Figura 9. Conforme o consumo de cada tipo, o mesmo dispara uma nova separação para repor o modelo que foi consumido.

Figura 9 – ABASTECIMENTO POR KITS KANBAN



Fonte: O autor (2017).

A variante do kit combinado com o sistema puxado, foi narrado pelos autores FACCIO (2014) e MUSTAPHA et al. (2015) como uma alternativa caso não se

consiga utilizar o sequenciamento prévio da linha montagem como base na produção dos kits nas áreas de separação. Aplicabilidade, restrições e características similares ao kit sequenciado.

No resumo dos MAPO, estes podem receber as peças em grandes containers relativamente próximos a sua área de trabalho, ou podem recebê-las sequencialmente de acordo com o modelo a serem montados, ou ainda na forma de kits, ou ainda na forma de pequenos contêineres de acordo com o consumo vão sendo reabastecidos. No quadro 2, um resumo das principais características de cada modo de apresentação das peças ao operador.

QUADRO 2 – RESUMO DOS MODOS DE APRESENTAÇÃO DAS PEÇAS AO OPERADOR

Apresentação da Peça	Característica	Vantagens	Desvantagens
Estoque na linha	Grandes quantidades no posto de montagem	Simple implementação. Sem dependencia de rotas de alta frequência e fixas.	Espaço, Excesso de movimentação. Atividades de abastecimento mesclados a atividades de montagem.
JIS - Justo na Sequencia	Peças dispostas na sequencia de modelos previstos	Precisão e menor espaço ocupado. Adequado a peças grandes de alta variação entre modelos montados.	Necessário sequencia pré fixada na montagem. Se não extendida ao fornecedor. Necessário área de sequenciamento interno.
Kanban / 2 bin	Estoque no posto de montagem suficiente para giro de cartão ou caixa.	Simple e permite gestão visual. Segurança contra falta de itens na montagem. Adequado para peças pequenas e de uso constante.	Espaço ocupado na borda de linha. Necessário organização do posto de trabalho.
Kit Sequenciado	Grupo de peças necessárias ao modelo a ser montado.	Reduz a movimentação do operador, baixo espaço ocupado na borda de linha. Adequado para peças médias de uso em modelos específicos ou pontos específicos do produto.	Necessário sequencia pré fixada na montagem. Necessário área de montagem de kits dentro da fábrica.
Kit Kanban	Grupo de peças disponíveis para seleção do operador de acordo com o modelo a ser montado.	Reduz a movimentação do operador. Adequado para peças médias de uso em modelos específicos ou pontos específicos do produto montado.	Aumento do espaço ocupado na borda de linha para acomodação das opções de kit pré montados.

Fonte: O autor (2017).

Sob aspecto da seleção dos MAPO, a decisão sob ótica da manufatura, se dá primordialmente com o objetivo de se reduzir os movimentos inúteis do operador para buscar as peças necessárias ao trabalho imediato do mesmo. Naturalmente, peças maiores se apoiam em entregas já sequenciadas e entregues em lote unitário e as pequenas podem ter uma flexibilidade maior devido à ocupação dos mesmos nas áreas de trabalho.

Cada MAPO tem impactos diferentes sobre a logística interna da fábrica. Dependendo dos modos que se indique, restrições importantes nos fluxos de

materiais e peças devem ser trabalhadas. Estes impactos sobre a logística são descritas nos itens a seguir.

2.2. – ORGANIZAÇÃO DO FLUXO INTERNO DAS PEÇAS (CLI)

Do mesmo grupo de artigos selecionados, no quadro 3, reclassificando-os sobre ótica dos fluxos de materiais e fluxos de informação dentro (s) da empresa (s) abordadas pelos autores. Como anteriormente relatado, cada autor de acordo com seu recorte e ótica do tema, teve uma abordagem diferente das atividades que suportam os modos de abastecimento enxuto das células de trabalho.

Quadro 3 – ARTIGOS SELECIONADOS QUE ABORDAM AS ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS PARA SUPORTAR O ABASTECIMENTO ENXUTO

Título	Autor (Ano)	Package and Shelves	Supermarket Area Separação	internal routes	Assembly line scheduling and balancing
<i>An Evolutionary Algorithm for Sequencing Production on a Paced Assembly Line</i>	Sumichrast et al. (2000)				X
<i>A dynamic part-feeding system for an automotive assembly line</i>	Choi & Lee (2002)	X			
<i>An optimal cart moving policy for a flexible manufacturing system</i>	Xiaobo et al. (2002)			X	
<i>Packing items to feed assembly lines</i>	Souza et al. (2008)	X			
<i>Design of the optimal feeding policy in an assembly system.</i>	Battini (2009)		X	X	
<i>The impact of materials feeding design on assembly process performance</i>	Wanstrom & Medbo (2009)	X			
<i>Scheduling just-in-time part supply for mixed-model assembly lines</i>	Boysen & Bock (2011)				X
<i>Impact of materials exposure on assembly workstation performance</i>	Finnsgard et al. (2011)	X			
<i>Factors impacting manual picking on assembly lines: an experiment in the automotive industry</i>	Finnsgard & Wanstrom (2012)	X			
<i>Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines</i>	Emde & Boysen (2012)		X		
<i>Optimally loading tow trains for just-in-time supply of mixed-model assembly lines</i>	Emde et al. (2012)		X		

<i>Efficient material flow in mixed model assembly lines</i>	Alnahhal & Noche (2013)		x		
<i>Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry</i>	Satoglu & Sahin (2013)		x	x	
<i>Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets</i>	Boysen & Emde (2014)		x		X
<i>Simulation-based optimization of logistics distribution system for an assembly line with path constraints</i>	Wang et al. (2014)		x		
<i>A Multiobjective Optimization Algorithm to Solve the Part Feeding Problem in Mixed-Model Assembly Lines</i>	Fathi et al. (2014)		x	x	
<i>A novel memetic ant colony optimization-based heuristic algorithm for solving the assembly line part feeding problem</i>	Fathi et al. (2014)			x	
MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO ENXUTO PARA A MONTAGEM DE ELETRODOMÉSTICOS: UM ESTUDO DE CASO	Soares e Queiroz (2014)	x	x	x	
<i>Part logistics in the automotive industry: Decision problems, literature review and research agenda</i>	Boysen et al (2015)	x	x	x	
<i>A simulative approach for evaluating alternative feeding scenarios in a kanban system</i>	Lolli et al. (2015)			x	
<i>A modified particle swarm optimization algorithm to solve the part feeding problem at assembly lines</i>	Fathi et al. (2015)		x	x	
<i>The joint line balancing and material supply problem</i>	Sternartz (2015)	x	x	x	X

Fonte: O autor (2017).

A respeito da organização necessária para suportar o abastecimento enxuto, ou em muitos casos o próprio termo abastecimento enxuto já se subentende uma organização baseada em supermercados, rotas e embalagens comandados pelo sequenciamento e balanceamento mais suave possível. A respeito desta última parte, do sequenciamento nivelado bem como o balanceamento, autores como Sumichrast et al (2000), Boysen e Bock (2011) e Boysen e Emde (2014) já tangenciam estas questões como condições para se atingir o fluxo suave de peças ao longo do processo, conseqüentemente também sobre as atividades de movimentação interna dos itens para o abastecimento dos postos. Porém, como já estabelecido nas delimitações do presente trabalho, a questão de balanceamento da atividade e o nivelamento da sequencia a ser produzida são tomadas como condição de contorno do problema. Assim a relação destas atividades com o problema central de pesquisa não será explorado em mais detalhes.

Outro ponto tomado como condição de contorno situacional onde o modelo proposto deste trabalho assume como premissa, está na antecedência do uso do

sequenciamento firme previsto sobre o processo logístico. Assim como, Limere et al. (2011) e Mustapha et al. (2015), relatam as iniciativas de desenvolvimento de fornecedores com entregas sincronizadas para a linha de montagem mas assumem também apenas como delimitação de escopo dentro das respectivas pesquisas. Porém registra-se que a possibilidade de que o fluxo sequenciado possa ser estabelecido o mais previamente possível (o quanto a previsão da sequência de montagem possa ser utilizada) menor são os impactos e necessidades de adaptação da logística interna.

Assim dar-se-á continuidade deste trabalho relacionando-se e caracterizando as necessidades de adaptação do fluxo de materiais e de informação focando-se os supermercados (2.2.1), as rotas (2.2.2) e as embalagens (2.2.3).

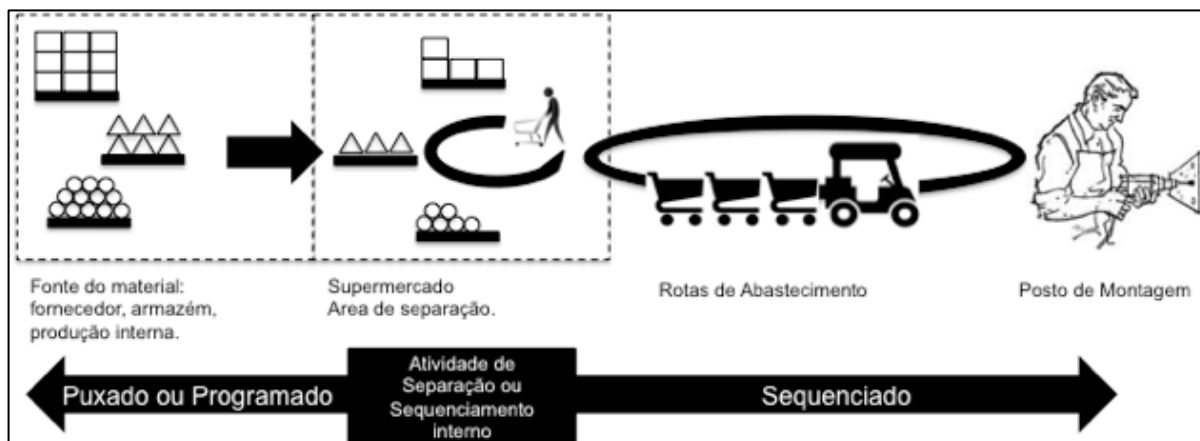
2.2.1 – Supermercados e Áreas de Separação

Originariamente introduzido nos fluxos de materiais como forma de regular as produções internas através da visualização do consumo interno das peças produzidas, atualmente estas áreas tem sido o local base para processos de separação e composição dos kits de abastecimento, como comprova os trabalhos de Battini et al (2015). Nestas áreas materiais de diferentes origens são dispostos de forma que operadores possam fazer a separação peça a peça e preparar o envio para o processo seguinte. Chuangjian et al (2014) usam simulações para definir o posicionamento e dimensionamento de supermercados internos para separação de materiais para abastecimento de linhas sequenciais.

Estudos de Sumichrast et al. (2000), Emde et al. (2012), Boysen et al (2015) e Sternartz (2015) relatam a descentralização do estoque em supermercados dispersos na fábrica. A introdução de supermercados ou áreas de separação em pontos dispersos na fábrica, promove interrupções no fluxo de materiais em que as atividades podem se tornar independentes da previsão de sequenciamento firme da linha da montagem. Pois cada qual responde em um determinado prazo as demandas sinalizadas pelo sequenciamento prévio das linhas clientes. Ou seja, comumente aponta a literatura, os fluxos depois das áreas de supermercado ou separação passam a seguir sequencialmente de acordo com a programação da linha de montagem.

Já os fluxos que antecedem ao supermercado, para a reposição dos itens utilizados nestes supermercados se dá comumente por kanban/2bins ou até mesmo o conceito de estocagem na linha (patrulhamento), desacoplando da sequencia de modelos previstos na montagem. Representado na figura 10.

Figura 10 – SUPERMERCADOS COMO PONTO DE DESACOPLAMENTO DA SEQUENCIA DE MONTAGEM



Fonte: O autor (2017).

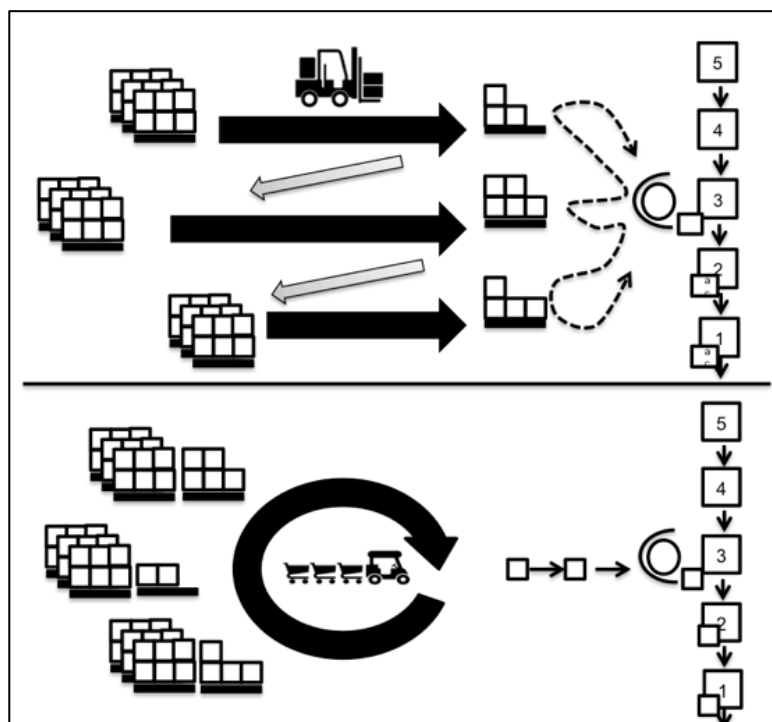
Assim, para suportar um abastecimento enxuto, há de se estabelecer áreas de sequenciamento, separação e supermercados para que seja possível a apresentação de peças em kits ou sequenciados ao operador da montagem. Não obstante, estas áreas também precisam ser abastecidas por métodos e fluxos de informação específicos até que se atinja os próprios fornecedores externos e/ou os processos de fabricação dos componentes.

2.2.2 – Rotas de Abastecimentos e *Mizusumashi*

Boysen and Bock (2011) descreve o uso de carrinhos com caminho pré definido como sistema central de apoio a manufatura flexível. Satoglu & Sahin (2013) descreve a adoção de rota de abastecimento com caminho fixo, frequência fixa e quantidades variáveis para a indústria de eletrônicos. Ambos os trabalhos focam o processo de utilização de pequenos trens internos para alimentação dos postos de trabalho. As rotas de abastecimento de frequência definida é um instrumento para aumento de frequência de entrega e redução de lote de transferência. Aproximando a técnica do *milk run* utilizada na coleta de itens dos

fornece até a planta, com a sua similaridade de coleta dos itens nos supermercados e armazéns até as linhas de montagem. Estes transportes internos também são referidos como *Mizusumashi*, ou aranha d'água em japonês. A analogia deriva da característica de estar sempre caminhando sobre a água, seus pés movimentando-se rapidamente sobre a superfície sem se deter em nenhum ponto por muito tempo (figura 11).

Figura 11 – SUBSTITUIÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO INTERNA DE EMPILHADEIRAS POR TRENS



Fonte: O autor (2017).

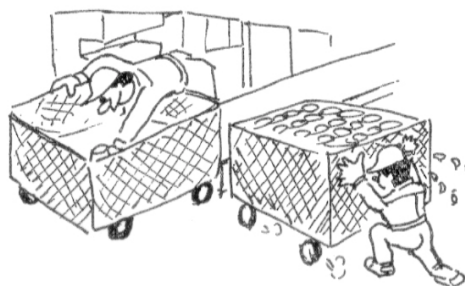
A principal característica do método de rotas fixas, com frequências fixas e quantidades variáveis é a possibilidade de entregas frequentes com lotes menores ou unitários à linha de montagem. Possibilitando sistemas de kanban e sequenciado na linha de montagem.

2.2.3 – Embalagens e Prateleiras dinâmicas

No ultimo ponto das características físicas que suportam o abastecimento enxuto, está na adoção de pequenas embalagens padronizadas correndo sobre prateleiras dinâmicas. Registra-se na literatura levantada, alguns autores como Wandstrom e Medbo (2009), Finnsgard et al (2011), Boysen et al (2015) e Sternartz

(2015), que destacam o ganho de produtividade na adoção de modelos menores de embalagens e racks dinâmicos em substituição a grandes contenedores (figura 12), porta pallets e os sistemas de movimentação baseado em empilhadeiras na movimentação interna de materiais.

Figura 12 – DIFICULDADES NA ADOÇÃO DE GRANDES EMBALAGENS



Fonte: Yamashina (2007).

Sobre abordagem das adaptações nos supermercados internos, rotas de abastecimento, embalagens e prateleiras, entre os autores e trabalhos assinalados no quadro 3, destaca-se a dissertação de mestrado apresentado por Soares em 2014. Nela é apresentado um método de implantação do abastecimento enxuto para uma linha de eletrodomésticos. Sendo que o primeiro passo do fluxograma sugerido consiste em uma análise de viabilidade de um sistema de abastecimento enxuto. Pressupõe-se que o método ou modo de abastecimento desejável já tenha sido definido, então o método proposto parte para análise das condições já existentes na empresa que possam suportar e facilitar a implementação. Ressalta-se que os pontos listados nesta análise prévia de viabilidade incluem: a existência de supermercados, a existência de rotas ou possibilidade de sua implantação, as possibilidades de mudanças de embalagens, as possibilidade de implantação de kanbans e as possibilidades de alterações de prateleiras.

O presente trabalho procura complementar o método proposto por Soares (2014) na medida que propõe um aprofundamento das fases de definição da forma de abastecimento a ser adotado partindo-se da caracterização de cada uma das peças envolvidas em cada um dos postos de montagem, dos modos de apresentação dos mesmos ao operador e as restrições e oportunidades da logística interna da planta.

2.3 – MODOS DE ABASTECIMENTO (MALM)

Por fim, entende-se que o MALM, está baseada nas diferentes combinações entre as formas de apresentação da peças ao operador e os diferentes sistemas para organização do fluxo de materiais e informação na planta. Um exemplo destas implicações está nas entregas sequenciadas ao operador da montagem, descrito no item 2.1.2.1. Onde peças grandes e de manuseio difícil ou além dos limites para um operador possa realizá-los manualmente, devem chegar ao posto de montagem já de acordo com a sequencia, inclusive no posicionamento que facilite sua montagem ao produto que está sendo processado na célula. Ou seja, exigindo que informações precisas sobre as sequencias previstas de montagem sejam encaminhados para a origem das peças, bem como embalagens e carrinhos especiais sejam colocadas nos fluxo de materiais para que esta sincronização seja possível com menor risco de paradas de produção por falta de materiais.

Para a decisão da MALM, um dos fatores que são consenso na literatura levantada está na tratativa das peças grandes e de manuseio difícil. Limere et al (2011) em seu estudo sobre a decisão de uso de kits nas linhas de montagem, de fato já excluiu grandes itens de seu estudo. Abordando-os como materiais que já chegavam de fornecedores na forma de entregas sequenciadas. Handson e Medson (2012) justifica o corte dos itens grandes e sequenciados de sua análise já no título do trabalho onde explicita que a pesquisa objetivou analisar a influência dos kits para montagem manuais. Mustapha et al. (2015) também indica o sequenciado para as peças grandes ou kits sequenciados quando os itens agrupados se tornem volumosos.

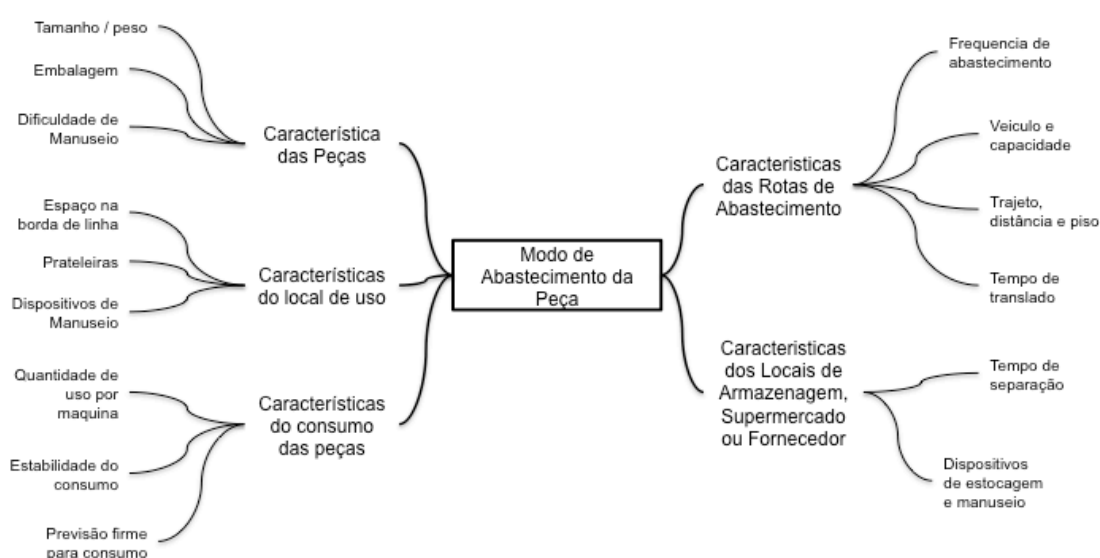
Outro extremo que também se torna consenso entre vários autores da literatura levantada, tais como Finnsgard et al. (2011), Satoglu & Sahin (2013), Faccio (2014), Fathi et al. (2014), Boysen et al (2015), Lolli et al. (2015), está nas peças pequenas, com consumo elevado e constante, como itens de fixação no geral, que devem ser levados à linha em pequenos caixas, utilizando como fluxo de informação a própria caixa vazia, nos sistema 2 bins descrito no item 2.1.2.2.

Porém entre os grandes itens que devem ser entregues à linha sequencialmente e os pequenos itens de consumo constante entregues em sistema de 2bins, há diversas peças que apresentam uma sobreposição de todos os

métodos incluindo aí principalmente o uso dos kits. Percebe-se nos trabalhos correlatos a este respeito: Battini (2009), Limere et al. (2011), Faccio (2014) e Mustapha et al. (2015); que ainda não se chegou a um consenso sobre a classificação dos MALM para peças nem tão grandes para serem sequenciadas e nem tão pequenas para irem no sistema 2 bins. Como exemplo de contradições temos o trabalho de Limére et al (2011), onde através de uma modelagem matemática do problema, concluiu-se que kits não seria uma solução de tão ampla aplicação como sugerem os trabalhos de Faccio et al (2014) e Mustapha et al (2015).

Sob aspecto da complexidade e amplitude de fatores que influenciam a decisão sobre os MALM, pode ser constado através da variedade de pontos de vista explorados por diversos autores. Souza et al (2008) como exemplo, aborda a importância das embalagens e equipamentos de armazenagem sobre a produtividade, já Sumichrast et al. (2000) aborda este tema sobre o ponto de vista da necessidade de fluxos suaves. Para ilustrar a complexidade sob ótica dos fatores que influenciam esta decisão, lista-se na figura 13 - diagrama de relacionamentos, os achados deste levantamento bibliográfico. Neste diagrama, chegamos a observar 5 agrupamentos de influencia sobre a decisão do MALM.

Figura 13 – PRÉ DETERMINANTES DO MODO DE ABASTECIMENTO ENXUTO EM LINHAS DE PRODUÇÃO MULTI MODELOS



Fonte: O autor (2017).

Assim, segundo a literatura levantada, a decisão sobre o modo de abastecimento a ser adotada por cada peça até o posto de montagem tem diversos critérios de decisão. Pelo lado da manufatura, a decisão para a forma de abastecimento das peças são tomadas a partir de critérios como espaço existente para o estoque na borda de linha (BDL), as dificuldades de manuseio das peças (tamanho e peso), a quantidade de modelos em que são utilizadas as peças, a quantidade de peças utilizadas a cada modelo montado e as embalagens/carrinhos utilizadas no BDL.

Pelo aspecto da logística interna, a decisão para forma de abastecimento das peças tem como critérios as características da demanda (suaves ou abruptas) que em última análise dependem dos modelos afetados pela peça, quantidade de uso e tamanho de lote utilizado no sequenciamento de montagem; o prazo para abastecimento (intervalo de tempo entre o sinal para a execução e o abastecer efetivo); das rotas de abastecimento interno e dos supermercados ou áreas de separação.

O objetivo deste trabalho é a elaboração de uma proposta que possa transformar a decisão do modo de abastecimento de uma determinada peça em um processo de classificação de materiais para atender as demandas da manufatura e que sejam suportáveis pelas operações logísticas. Uma vez coletado da literatura os principais conceitos e critérios que norteiam esta decisão, percebe-se a diversidade e complexidade dos mesmos. Assim necessitando de instrumental acadêmico robusto para suportar esta decisão. Este instrumental bem como a condução do restante desta pesquisa encontram-se nos capítulos seguintes.

3. METODOLOGIA

Quanto ao enquadramento desta pesquisa, por se tratar de uma pesquisa que busca a produção de conhecimento a fim de contribuir com a solução de um problema prático, a natureza desta pesquisa é considerada como aplicada, segundo Barros e Lehfeld (2000). É exploratória segundo Gil (2002), pois procura expandir o conhecimento sobre o assunto em questão, contribuindo para o estabelecimento de bases científicas para desenvolvimentos de hipóteses a respeito.

Já quanto aos procedimentos, divide-se a mesma de acordo com a fase específica listada na figura 2. Para a fase de levantamento bibliográfico, uma pesquisa sistemática sobre publicações científicas é aplicada. Para a fase de verificação da aplicação prática das caracterizações levantadas na revisão bibliográfica, um estudo de múltiplos casos. Na composição da proposta de método de decisão sobre os modos de abastecimento, seguiu-se o roteiro do AHP. Por fim, para a fase de aplicação do método proposto, um novo estudo de caso é aplicado. No resumo, esta dissertação segue como macro visão o protocolo de pesquisa da figura 2, porém subdivide-se em 4 procedimentos distintos em cada uma das fases de obtenção de dados.

3.1 – PROCEDIMENTO PARA O LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para a pesquisa bibliográfica na fase do embasamento teórico. Seguiu-se conforme relatado no capítulo 2, o roteiro sugerido por Levy e Ellis (2006). Iniciou-se pela seleção das bases de pesquisa, que no caso foram a base da CAPES e da *Taylor and Francis*. E nas palavras chaves e operadores, por se tratar de uma área limítrofe, foi utilizado a *string: (Assembly Lines) AND (Logistics)*. Na segunda base de dados refinou-se ainda a pesquisa selecionando somente publicações em “*Journals*”, da área de indústria e com as palavras (*line feeding*) OR (*parts feeding*) OR (*parts presentation*) no resumo dos trabalhos. Desta forma a leitura exploratória foi realizada em 132 artigos. Como resultado final, descartando-se assuntos não direcionados ao tema final deste trabalho, formou-se o conjunto de 27 artigos diretamente focados sobre o tema de abastecimento de linhas de montagem multimodelos, que subsidiam as sumarizações, caracterizações e conclusões do capítulo 2.

3.2 – PROCEDIMENTO PARA O ESTUDO MULTICASO

Afim de se atestar a contextualização e as implicações práticas dos estudos reunidos na fase de levantamento bibliográfico, aplicou-se procedimentos de estudo multicaso. Que segundo Yin (1994), estudo de caso constitui-se em um instrumento de pesquisa a ser utilizada nas etapas exploratórias na pesquisa de fenômenos pouco investigados ou como estudos-piloto. Optou-se pelo estudo multicaso nesta fase da pesquisa, pois busca-se evidências mais determinantes e resultados mais robustos do que aqueles advindos de um único caso, segundo o mesmo autor. Estes estudos seguiram por uma visita semi estruturada e para atestar a possibilidade de aprofundamento dos estudos advindos das comparações entre múltiplos casos, adotou-se o protocolo de pesquisa descrito em detalhes no quadro 4.

O protocolo de pesquisa foi dividido em visão geral da empresa e o específico do estudo de caso, conforme sugerido por Yin (1994). Procedimentos de campos (acessibilidade e procedimentos de segurança), buscando antecipar possíveis problemas de acesso ou disponibilidades do entrevistado ou da linha em questão. Questões do estudo de caso, com pontos chaves para que o pesquisador não se esqueça de explorar. Por fim, guia para relatório, buscando uma sumarização objetiva e pareada entre os múltiplos casos.

Neste estudo multicaso foram abordados 3 fabricantes com linhas de montagem multi modelos a saber: uma fabricante de caminhões, uma fabricante de máquinas agrícolas e uma montadora de equipamentos de construção civil. Todas multinacionais com operações de montagem instaladas no Brasil, duas na região metropolitana de Curitiba, e uma em Minas Gerais, na região metropolitana de Belo Horizonte. O método adotado para esta fase da pesquisa, foi o denominado por Alves-Mazzoti (2006) como estudo de caso instrumental, pois pretendem favorecer ou, ao contrário, contestar uma generalização aceita. Ao contrário de um estudo de caso individual, pretende-se abordar multicasos, para justamente traçar e caracterizar um instrumento replicável para o problema de pesquisa.

Quadro 4 – PROTOCOLO DE PESQUISA PARA MULTICASOS

Visão geral do projeto	
1	Atestar a prática dos sistemas de abastecimento de linhas de produção multi-modelos. As modalidades implementadas, restrições e impactos sobre a logística das fábricas visitadas.
Procedimentos de Campo	
2.1	Contato Principal
2.2	Cargo
2.3	Contato
2.4	Formação
2.5	Responsabilidade sobre os métodos de abastecimento
2.6	Planta visitada
2.7	Quantidade de funcionários
2.8	Volume anual produzido
2.9	Linhas de Montagem
2.10	Famílias de produto fabricados no local
2.11	Regras de Segurança (EPIs, horários, etc)
Questões do Estudo de Caso	
3.1	Linha visitada/posto
3.2	Ritimo diário
3.3	Variações de saída (modelos)
3.4	Número de componentes a serem abastecidos
3.5	Usam estocagem na linha abastecida por patrulhamento
3.6	Usam entregas sincronizadas conforme modelo
3.7	Usam abastecimento por kanban ou 2 bins
3.8	Usam kits sequenciados?
3.9	Usam kits puxados?
3.10	Das necessidades para suportar cada forma de abastecimento
3.11	Do fluxo de informação, da antecedência para a realização dos sequenciados
3.12	Das dificuldades de implementação
3.13	Das regras de classificação dos materiais para estes métodos
3.14	Da frequência de atualização dos estudos
Guia para relatório	
4.1	Area de atuação da empresa
4.2	Localização da planta
4.3	Tamanho da planta visitada
4.4	Contexto da customização em massa
4.5	Contexto da manufatura enxuta
4.6	Dificuldades e desafios futuros
4.7	Recomendações
4.8	Disponibilidade para desenvolvimento do método decisório.

Fonte: O autor (2017).

O descritivo do estudo multicaso e seus achados conduzido conforme descrito no protocolo específico do quadro 4, é relatado no capítulo 4 deste trabalho.

3.3 – PROCEDIMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA

No processo de construção da proposta de método para a decisão sobre os meios de abastecimento de linhas de montagem multimodelos, os estudos seguiram os procedimentos propostos pela metodologia multicritério AHP de Saaty (2008).

O AHP ou *Analytic Hierarquic Process*, é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão. Uma das características importantes deste método frente aos outros métodos de decisão multicritério é que ela é capaz de trabalhar com critérios com subjetivos. Segundo o próprio autor, a teoria do AHP reflete o método natural de funcionamento da mente humana frente a uma decisão. A mente humana frente a um grande número de elementos, os agrega em grupos segundo suas similaridades e propriedades. O cérebro repete este processo nível a nível, agrupando e comparando estes grupos e subgrupos de critérios até que o objetivo seja atingido. A teoria do AHP proposta inicialmente por Saaty em 1980, foi aprofundado e ampliado em sua fundamentação matemática nos anos seguintes. A ampla aplicação deste método na literatura científica desde seu lançamento atestam sua eficácia em variados campos do conhecimento.

O método AHP baseia-se em quatro etapas: (i) organização do problema em uma estrutura hierárquica que reflita as relações entre critérios e alternativas; (ii) comparações pareadas entre os elementos de um nível em relação ao superior hierárquico adjacente; (iii) análises das matrizes geradas na etapa anterior, através dos auto vetores e auto valores e índices de consistência; (iv) uso dos pesos obtidos na etapa anterior para análise de cada elemento do nível inferior na hierarquia definido na primeira etapa (SAATY, 2008).

No presente trabalho, etapa (i) está representada na figura 19, onde o objetivo é a seleção dos MALM para cada peça ou componente utilizado no posto de trabalho, como critérios utilizou-se as características predeterminante dos MALM levantados na revisão bibliográfica, resumidas na figura 13.

Para a etapa (ii) utilizou-se a escala proposta por Saaty (2008). Transcrita na tabela 1.

Tabela 1 – ESCALA FUNDAMENTAL DE IMPORTÂNCIA RELATIVA DO AHP

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1	Equivalentes Igual importância	Duas atividades contribuem de forma equitativa ao objetivo.
3	Levemente influente Importância moderada	Experiência e julgamento favorecem um pouco uma atividade sobre outra.
5	Moderada influência Importância forte	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre outra.
7	Forte influência Muito importante ou importância comprovada	Uma atividade é favorecida de forma muito forma sobre outra. Esta dominância é comprovada na prática.
9	Absoluta Importância extrema	A evidência que favorece uma atividade sobre outra é da mais alta ordem possível de afirmação.

Fonte: Saaty (2008).

O levantamento das comparações paritárias foram realizadas com os especialistas de cada caso analisado no trabalho. Isto foi realizado através de contatos via grupo de e-mails, onde cada especialista pôde acompanhar as opiniões de cada um dos participantes. As rodadas de comparações paritárias foram realizadas questão a questão, antecedida pela pergunta de qual o maior peso, um lembrete dos valores dos pesos sugeridos pela escala do AHP e um breve resumo do que se tratava cada característica comparada na rodada. Sendo guiados as comparações pelo quadro 5. Desta forma, as pequenas dúvidas e divergências de opinião sobre os pesos relativos, foram sanadas durante o próprio processo de composição da matriz de obtenção dos pesos de cada critério.

Quadro 5 – GUIA DAS COMPARAÇÕES PARITÁRIAS

Para decisão de qual o modo de abastecimento de uma determinada peça, qual dos critérios tem maior peso?		
Rodada	Entre...	E...
A	Característica das peças (tam/peso)	Características do local de uso (layout, arruamento, espaço disponível)
B	Característica das peças (tam/peso)	Características do consumo das peças
C	Característica das peças (tam/peso)	Características das rotas de abastecimento
D	Característica das peças (tam/peso)	Características dos locais de separação
E	Características do local de uso (layout, arruamento, espaço disponível)	Características do consumo das peças
F	Características do local de uso (layout, arruamento, espaço disponível)	Características das rotas de abastecimento
G	Características do local de uso (layout, arruamento, espaço disponível)	Características dos locais de separação
H	Características do consumo das peças	Características das rotas de abastecimento
I	Características do consumo das peças	Características dos locais de separação
J	Características dos locais de separação	Características das rotas de abastecimento

Fonte: O autor (2017).

Para a etapa (iii) foi montada a matriz comparativa – tabela 3, e a normalizada do mesmo – tabela 4. A contribuição de cada critério sobre a meta global foi calculado o auto vetor na tabela 5. Para se verificar a consistência, iniciou-se pelo o índice de consistência pela equação (1), proposto por Saaty (2005).

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (1)$$

onde: CI é o índice de consistência; $\lambda_{m\acute{a}x}$ é o auto valor; n é o número de critérios.

Ainda pelo mesmo autor, o CI deve ser dividido pelo índice de consistência aleatória (RI) e resultar em um valor menor que 10% para a matriz de comparações paritárias ser considerada consistente. Calculado pela equação (2).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

onde: CR é a taxa de consistência; CI é o índice de consistência; RI é um número fixo e tem como base o número de critérios avaliados, na tabela 2.

Tabela 2 – VALORES DE RI PARA MATRIZES DE DIFERENTES TAMANHOS

Dimensão da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor de RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (2005).

Assim obtendo a escala de pesos entre critérios para suportar o método proposto. Descrito no capítulo 5.

3.4 – PROCEDIMENTO PARA O ESTUDO DE CASO

Para verificar a aplicabilidade do método proposto, foi realizado uma pesquisa-ação. Segundo Prodanov e Freitas (2013), nesse tipo de pesquisa os pesquisadores e os participantes envolvem-se no trabalho de forma cooperativa. Assim os pesquisadores desempenham um papel ativo na própria realidade dos

fatos observados. Esta pesquisa-ação é apresentada no capítulo 6 como registro de um estudo de caso para aplicação do método proposto no capítulo 5.

Este estudo de caso assim desenvolvido é realizado sobre uma empresa de implementos agrícolas (uma quarta empresa não participante da fase de estudo multicaso) e seguiu o seguinte protocolo de pesquisa (quadro 6).

Quadro 6 – PROTOCOLO DE PESQUISA PARA ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO

Visão geral do projeto	
1	Aplicar método proposto de classificação de peças avaliando os impactos desta.
Procedimentos de Campo	
2.1	Planta visitada
2.2	Quantidade de funcionários
2.3	Volume anual produzido
2.4	Linhas de Montagem
2.5	Famílias de produto fabricados no local
Questões do Estudo de Caso	
3.1	Linha visitada/posto
3.2	Ritimo diário
3.3	Variações de saída (modelos)
3.4	Número de componentes a serem abastecidos
3.5	Métodos de abastecimento praticados antes da aplicação de método
3.6	Indicador chave (tempo de montagem) antes da aplicação do método
3.7	Método de abastecimento depois da aplicação do método
3.8	Adaptações necessárias e consequencia ao novo método utilizado
3.9	Inidicador chave (tempo de montagem) pós aplicação do método
Guia para relatório	
4.1	Area de atuação da empresa
4.2	Localização da planta
4.3	Tamanho da planta visitada
4.4	Contexto da necessidade remodelamento dos métodos de abastecimento
4.5	Principais alterações sobre os modos de abastecimento
4.6	Resultados obtidos

Fonte: O autor (2017).

Também neste caso, o protocolo de pesquisa seguiu a divisão sugerida por Yin (1994). Na visão geral do geral do projeto deste estudo de caso, o foco foi a análise dos impactos da aplicação do método proposto nesta dissertação. Os procedimentos de campo concentraram-se nos números gerenciais da área/planta onde foi aplicado o método. Questões de acessibilidade e procedimentos de segurança são aplicados normalmente uma vez que o pesquisador faz parte e é o responsável pelos métodos de fabricação da planta. Por fim, uma sumarização objetiva foi retratada no capítulo 6.

Desta forma, no que diz respeito à metodologia, trata-se de uma pesquisa aplicada, exploratória, que em termos de procedimento inicia-se com uma revisão sistemática da bibliografia, um estudo multicaso, uma aplicação do método de decisão multicritério (AHP), seguido por uma pesquisa ação de verificação de aplicabilidade. Suportando assim o capítulo 7. Onde é apresentado as conclusões desta pesquisa seguido pelas recomendações para pesquisas futuras a respeito do tema proposto.

4 – ESTUDO MULTICASO

Conforme exposto no capítulo 3, foram abordadas 3 empresas de grande porte, multinacionais atuantes em diferentes seguimentos. A escolha destas empresas, se deve ao fato de todas elas possuírem linhas de montagem multimodelos de equipamentos de grande porte, como equipamentos rodoviários (caminhões e ônibus), equipamentos agrícolas (tratores, colheitadeiras e implementos) e equipamentos de construção civil (pá carregadeiras, motoniveladoras e escavadeiras). Os apontamentos realizados em cada estudo de caso são apresentados na sequencia.

Para que se possa traçar um método único, este estudo multicaso seguiu um roteiro semiestruturado. Iniciou-se por uma pesquisa prévia do portfólio de produtos destas empresas, e informações gerais tais como número de funcionários da planta estudada e histórico. Seguiu-se pelo mapeamento geral das atividades fabris dentro da planta estudada, a existência ou não de um sistema de produção, e informações sobre a diversidade de modelos produzidos e de peças utilizadas na montagem. Caracterizando-se assim linhas de montagem multimodelos.

Por extensão foram explorados os métodos de apresentação de peças ao operador e das características da logística interna, confirmando ou não as informações levantados na revisão bibliográfica. Ainda foram discutidas de quais formas a empresa define os métodos de abastecimento praticados.

Também desta fase desta pesquisa, foi observado o perfil do responsável pela definição dos mesmos na planta estudada, afim de se prosseguir em conjunto com o especialista, com a elaboração da proposta de método de classificação das peças.

Na última parte abriu-se espaço para comentários gerais e principais dificuldades sobre o desafio da implementação dos métodos enxutos de abastecimento de linhas de montagem multimodelos. Os resultados destes estudos multicasos são apresentados na sequencia.

4.1 –MONTADORA DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIOS

Instalada em Curitiba, estado do Paraná, Brasil, a planta abordada nesta pesquisa foi inaugurada no final da década de 70. Com aproximadamente 3,4 mil

empregados, a unidade conta com linhas de montagem para caminhões, para ônibus, para o trem de força (motores e caixas de câmbio) e cabines. Atualmente, esta unidade produz cerca de 35 mil veículos por ano. Quatro famílias de caminhões, cinco famílias de ônibus urbanos e quatro famílias de ônibus rodoviários.

O complexo industrial estudado possui 3 fábricas distintas na mesma planta. Uma principal que produz os veículos completos com 3 linhas de montagem, uma fábrica de motores de caixa de transmissão com duas linhas de montagem e uma fábrica de cabines. Em se tratando de modos de abastecimento existe uma própria integração entre as plantas de montagem de veículos com as fábricas internas de trem de força (motores e transmissão) e cabines. A interação entre as fábricas se dá por regime sequenciado. Ou seja, tanto motor/transmissão e cabines são fornecidos para as linhas de montagem já sequenciados conforme programa de montagem. Também foram observados nas linhas kits produzidos nos armazéns e pequenas peças no sistema de kanban 2 bins nas células de montagem. Ou seja, dos 5 MAPO (modos de apresentação de peças ao operador), observou-se 3. Os kanbans 2bins, os kits sequenciados e os sequenciados. Não observados a estocagem na linha e kits kanban.

A respeito dos sistemas kanban 2bins que no levantamento bibliográfico é referenciado como um sistema, a empresa estudada divide em duas categorias. Onde kanban é um abastecimento com cartão de peças geralmente mais volumosas e 2 bins é específico uso de duas caixas onde o disparo para a reposição é feita com a embalagem vazia.

Em termos de regras para definição e implementação dos MALM (métodos de abastecimento de linhas de montagem multimodelos), o estudo aprofundou-se na fábrica de motores e transmissão. Pois é a planta mais avançada na adoção do sistema produtivo elaborado pela empresa, segundo os próprios colaboradores. O responsável pelo sistema produtivo na fábrica foi o correspondente e facilitador interno deste estudo de caso. Denominado especialista 1 doravante. A respeito do perfil do respondente, o especialista 1 tem como maior titulação um mestrado em engenharia de produção, *black belt* do programa seis sigma, mais de 10 anos de experiência em multinacionais de grande porte, atuando sempre em projetos e gerenciamento de times da área de logística interna as plantas em que atuou.

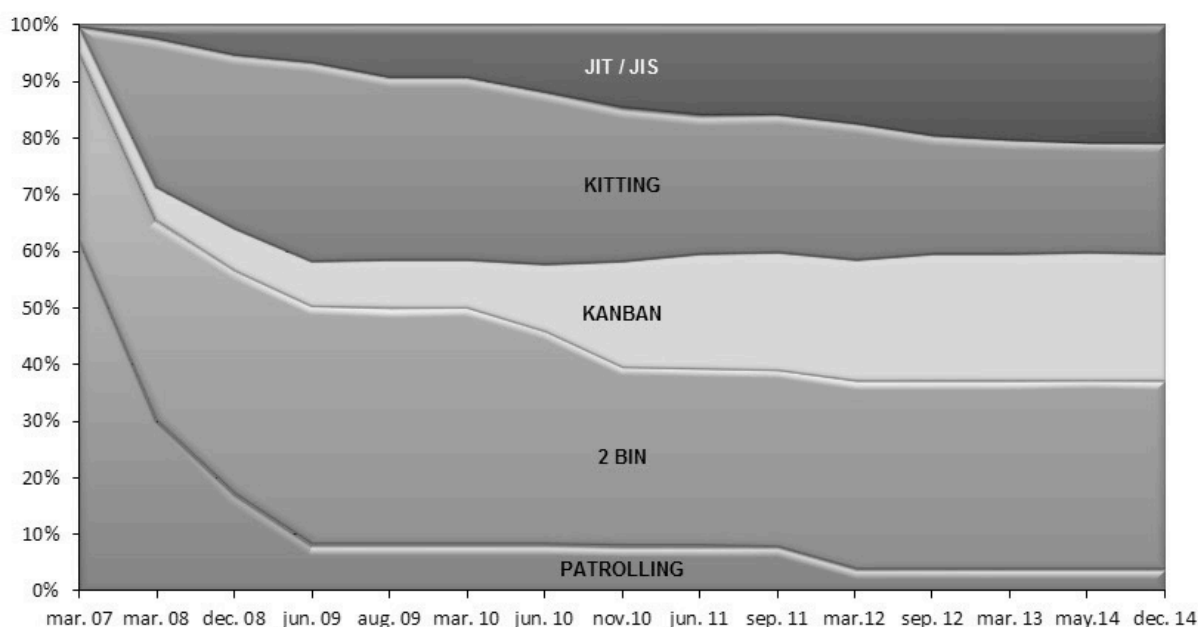
A fábrica de motores e transmissão detalhada, possui um processo produtivo que se inicia na usinagem de grandes fundidos base do motor. Segue-se para uma

primeira fase de montagem (chamado de “*basic line*”) que alimenta sequencialmente uma linha de montagem final do motor. Ao final destas etapas o motor vai para a bancada de testes, uma vez aprovado, segue para a montagem da transmissão. O conjunto por sua vez, vai para a pintura e posteriormente a pequenas estações de montagem específicos por modelo do veículo que o conjunto irá equipar, recebendo chicotes elétricos e programação eletrônica.

Em termos de diversidade dos produtos fabricados nestas estações descritas no parágrafo anterior, na linha base existem 2 tipos de blocos principais de motor. Quando os motores em montagem passam pela linha final (antes dos testes e transmissão) recebem alguns componentes que em sua combinação geram 16 modelos diferentes. Seguem assim até as estações que configuram o motor e caixa ao veículo, onde recebem 384 variantes do produto. Resultando assim, uma saída de 1549 tipos de trem de força da fábrica analisada.

Na questão dos métodos de abastecimento, a fábrica estudada vêm gradativamente eliminando o sistema de estocagem na linha, com alimentação por patrulhamento por empilhadeiras, conforme gráfico 2.

Gráfico 2 – EVOLUÇÃO DOS MODOS DE ABASTECIMENTO DO CASO 1

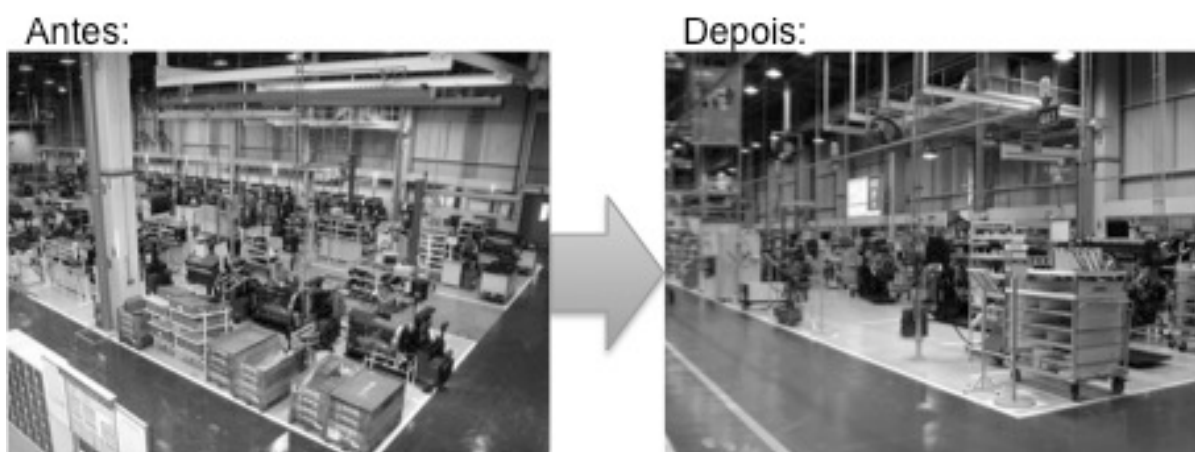


Fonte: Empresa Caso 1 (2016).

As definições para substituir o patrulhamento por outros métodos de abastecimento, levam em consideração o tamanho, valor do item, e abrangência da

utilização entre os modelos que passam na estação. A decisão entre sequenciados, kits, kanban e 2 bins é realizada baseada na experiência dos analistas. A orientação é a eliminação do patrulhamento, onde a necessidade da produção é imposta sobre as restrições da logística interna. Gerando grandes impactos nos espaços ocupados na linha de produção, conforme figura 14 e 15.

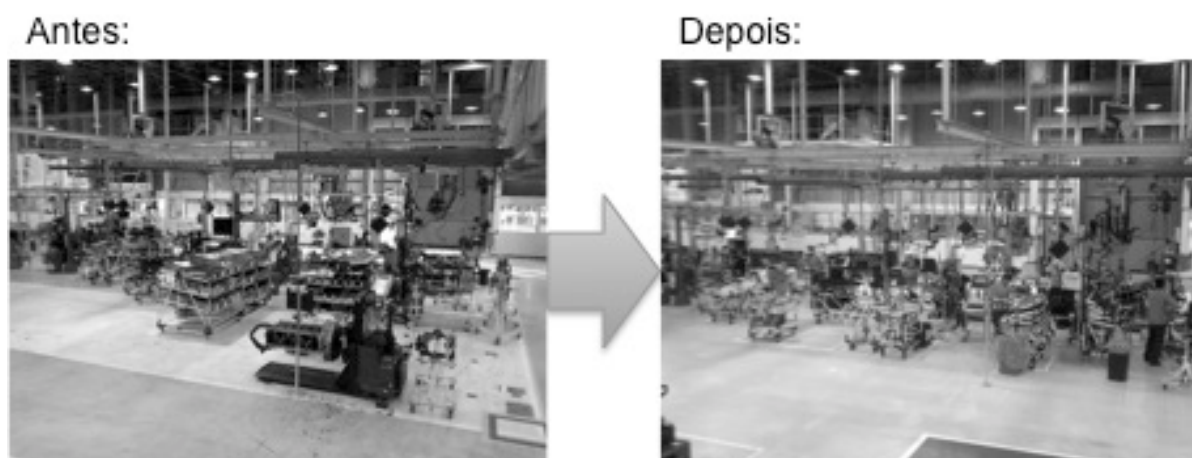
Figura 14 – RETIRADA DE PALLETS DE PEÇAS DA BORDA DA LINHA DE MONTAGEM



Fonte: Empresa Caso 1 (2016).

Um dos primeiros impactos retratados na substituição do patrulhamento com empilhadeiras por rebocadores está na ausência de pallets nos espaços da borda da linha.

Figura 15 – ESPAÇOS LIBERADOS NA BORDA DA LINHA



Fonte: Empresa Caso 1 (2016).

Esta redução de estoques na borda de linha promove uma aproximação das peças do operador. Um aspecto visível desta transformação é a liberação de áreas dentro das linhas de montagem.

Como consequência também da adoção de métodos enxutos de abastecimento sobre a característica da logística interna, mudanças significativas no layout de corredores e áreas de estocagem foram registradas. Figura 16 e 17.

Figura 16 – ADAPTAÇÃO DE CORREDORES ÀS ROTAS DE ABASTECIMENTO



Fonte: Empresa Caso 1 (2016).

Para a substituição de entregas por patrulhamento, essencial é a adaptação dos corredores para receber os comboios de rebocadores com rota fixa e alta frequência.

Figura 17 – ADAPTAÇÃO DAS ÁREAS DE SEPARAÇÃO



Fonte: Empresa Caso 1 (2016).

Outra adaptação necessária é a alteração dos espaços de estocagem para adaptar ao processo de separação, montagem de kits e supermercados, para suportar as rotas de abastecimento continuamente, em alta frequência e entregas para cada modelo da linha de produção.

Como comentários adicionais, o especialista 1, afirma da necessidade de adaptação da logística como principal foco. Ou seja, mandatório são as necessidades da produção sobre as restrições da logística. Prova disto, é a crescente demanda sobre a operação logística implementada nos últimos 5 a 6 anos. Desde a retirada de empilhadeiras do processo interno da fábrica, com a adoção cada vez mais ostensiva dos trens internos de abastecimento, passando pelas montagens de áreas dentro do armazém para supermercados e áreas de montagem dos kits. Na empresa também observa-se uma evolução dos supermercados de compra de componentes para kits com a passagem de pequenas submontagens para a área dentro dos armazéns.

4.2 – MONTADORA DE MAQUINÁRIOS AGRÍCOLAS

Também instalada em Curitiba, estado do Paraná, Brasil, a planta abordada nesta pesquisa foi inaugurada no final da década de 70. Com aproximadamente 3 mil empregados (diretos e indiretos), a unidade conta com linhas de montagem para Tratores, Colheitadeiras, Transmissões, Cabines e Plataformas de Colheita. A característica deste complexo industrial é a diversidade de modelos. São ao todo 9800 modelos no portfólio, montados em 5 linhas de montagem final e 6 linhas intermediárias.

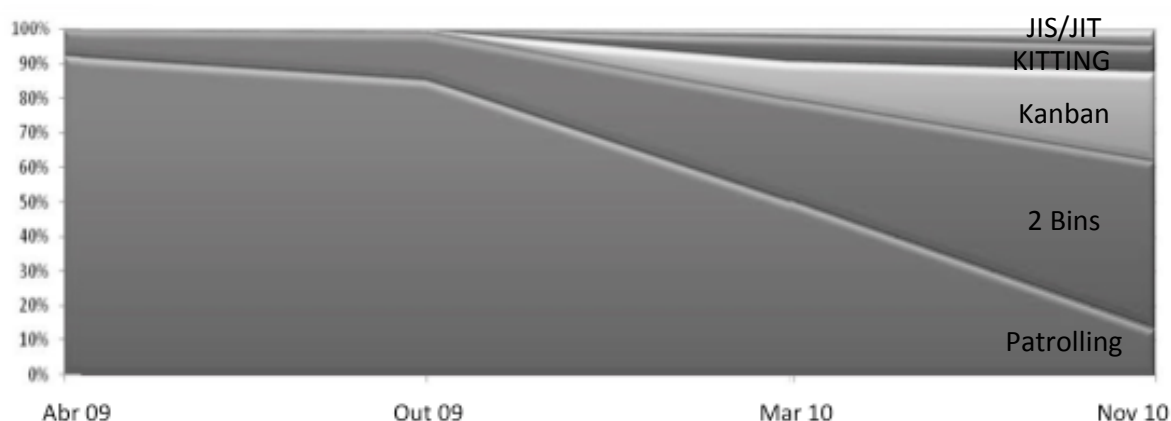
O complexo industrial estudado, possui 4 fábricas distintas na mesma planta. Duas fábricas principais, uma para colheitadeiras e a outra para tratores. Uma para transmissões dos tratores e outra fábrica para componentes (cabines e plataformas). A interação entre as fábricas se dá por regime sequenciado. Ou seja, tanto transmissões e cabines são fornecidos para as linhas de montagem já sequenciados conforme programa de montagem. As plataformas são fabricadas internamente mas entregues diretamente ao pátio de produtos acabados seguindo um sequenciamento próprio independentes das outras fábricas. Também foram observados nas linhas kits produzidos nos armazéns sequenciados e kanban, pequenas peças no sistema

de kanban 2 bins nas células de montagem e alguns pontos de estocagem na linha. Sendo que esta última, ainda em processo de substituição pelos kits ou sequenciados na data da visita.

Em termos de regras para definição e implementação dos MALM (métodos de abastecimento de linhas de montagem multimodelos), o responsável pelo pilar de logística e serviço ao cliente do programa WCM (World Class Manufacturing) foi o correspondente e facilitador interno deste estudo de caso. Denominado especialista 2 doravante. A respeito do perfil do respondente, o especialista 2 tem como maior titulação uma especialização em gestão da produção, mais de 10 anos de experiência em multinacionais de grande porte, principalmente no ramo automotivo.

De forma similar ao caso 1 estudado, os métodos de abastecimento tem evoluído do patrulhamento com empilhadeiras para rotas fixas e frequentes com rebocadores. Conforme gráfico 3.

Gráfico 3 – EVOLUÇÃO DOS MODOS DE ABASTECIMENTO DO CASO 2

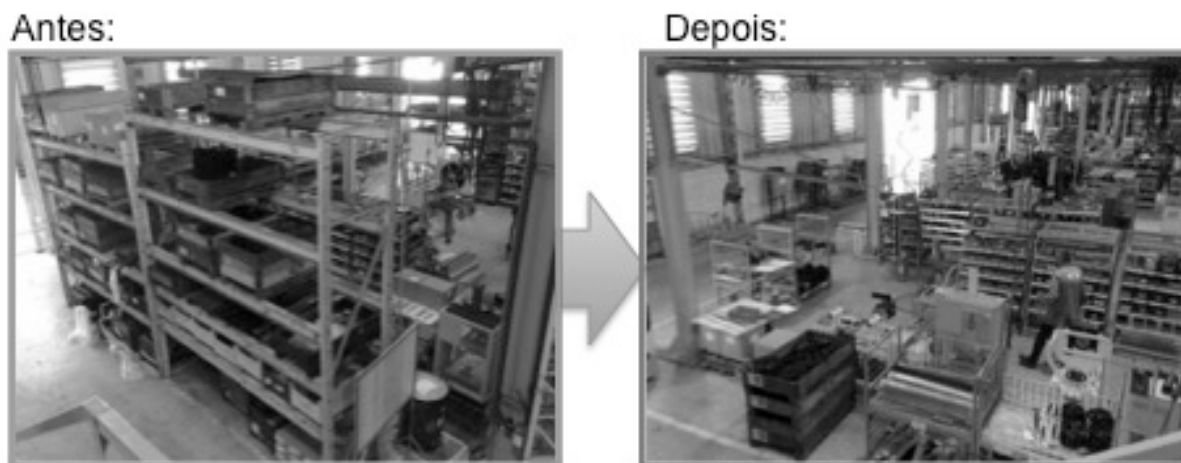


Fonte: Empresa Caso 2 (2016).

Onde entre a primeira auditoria do sistema WCM, foi em 2009 e a quarta no final de 2010. Portanto, através do gráfico 3, percebe-se o intenso esforço da empresa estudada no caso 2, na adoção de sistemas enxutos de abastecimento em lugar do patrulhamento ou estocagem na linha de fabricação.

Tal qual o caso 1, os impactos desta mudança são visuais na borda de linha. Destacando-se a considerável redução de materiais próximos a linha de montagem. Conforme observável na figura 18.

Figura 18 – REMOÇÃO DOS PORTA PALLETS DA BORDA DA LINHA



Fonte: Empresa Caso 2 (2016).

De forma análoga à empresa do caso 1, a empresa estudada no caso 2 também implementou intensas mudanças na sua logística interna. Com mudanças de layout de corredores, implementação de áreas de supermercado e composição de kits.

Tal como o especialista 1, o especialista 2 afirma da necessidade da submissão das restrições da logística frente as necessidades da produção. Os pontos residuais de estocagem na linha e os planos de ação para eliminar estes do ambiente fabril, são provas deste. Como principal dificuldade apresentada sobre estes pontos residuais de abastecimento por empilhadeiras, o especialista 2 aponta a quebra de paradigma dos próprios colaboradores, principalmente quanto a sensação de falta e interrupção da produção sem um estoque na borda de linha que possa representar esta suposta segurança.

4.3 – MONTADORA DE EQUIPAMENTOS DE CONSTRUÇÃO

Instalada em Contagem, estado de Minas Gerais, Brasil, a planta abordada nesta pesquisa foi inaugurada no final da década de 70. Com aproximadamente 2 mil empregados (diretos e indiretos), a unidade conta com linhas de montagem para Retroescavadeiras, Escavadeiras Hidráulicas, Tratores de Esteiras,

Motoniveladoras, Pás carregadeiras, Escavadeiras compactas e de rodas e minicarregadeiras. A característica deste complexo industrial também é a diversidade de modelos. São 5 linhas de montagem e diversos processos de fabricação internas.

O complexo industrial estudado, possui um processo verticalizado, caracterizado pelas estações de metalurgia de grandes peças, pintura e montagem. Também pertencente ao mesmo grupo da empresa do estudo de caso 2, o sistema produtivo também segue as premissas do programa WCM (World Class Manufacturing). Assim o responsável pelo pilar de Workplace Organization também foi o correspondente e facilitador interno deste estudo de caso. Denominado especialista 3 doravante. A respeito do perfil do respondente, o especialista 3 tem como maior titulação uma especialização em gestão de projetos, mais de 10 anos de experiência em multinacionais de grande porte, de origem italiana, atua no Brasil desde 2008, nas funções de gerencia de logística e de engenharia de produção.

Tal como no estudo de caso 1 e 2, a empresa também tem sistematicamente substituindo o método de patrulhamento com estoques na borda de linha, por métodos considerados enxutos de fabricação. Uma particularidade importante no caso 3, é que a proporção prevista para peças em sequenciamento (JIS) é alta devido ao porte das peças (tamanho e peso) dos equipamentos montados.

Tal como os especialistas anteriores, o especialista 3 afirma da necessidade da submissão das restrições da logística frente as necessidades da produção. O principal desafio neste caso específico é o tamanho e peso das peças em questão. Como são equipamentos extra pesados, suas peças também refletem esta robustez. Sendo que qualquer processo de quebra do sequenciamento representa um grande transtorno na operação. Portanto, todo o processo é realizado através de um sequenciamento prévio. Os grandes lead times que isto resulta são administrados parte pelos estoques da rede de distribuição ou espera mesmo pelo cliente final. Como os principais clientes deste tipo de equipamentos se constitui do poder público, esta espera está dentro do negociável pelos regimes de licitação apresentados.

Os três casos aqui levantados ilustram e ratificam a intensa transformação necessária para a adoção dos métodos de abastecimento de linhas de montagem multi modelos considerados enxutos. Os meios de se atender esta necessidade variam de nomenclatura, mas convergem nos modos de apresentação de peças ao

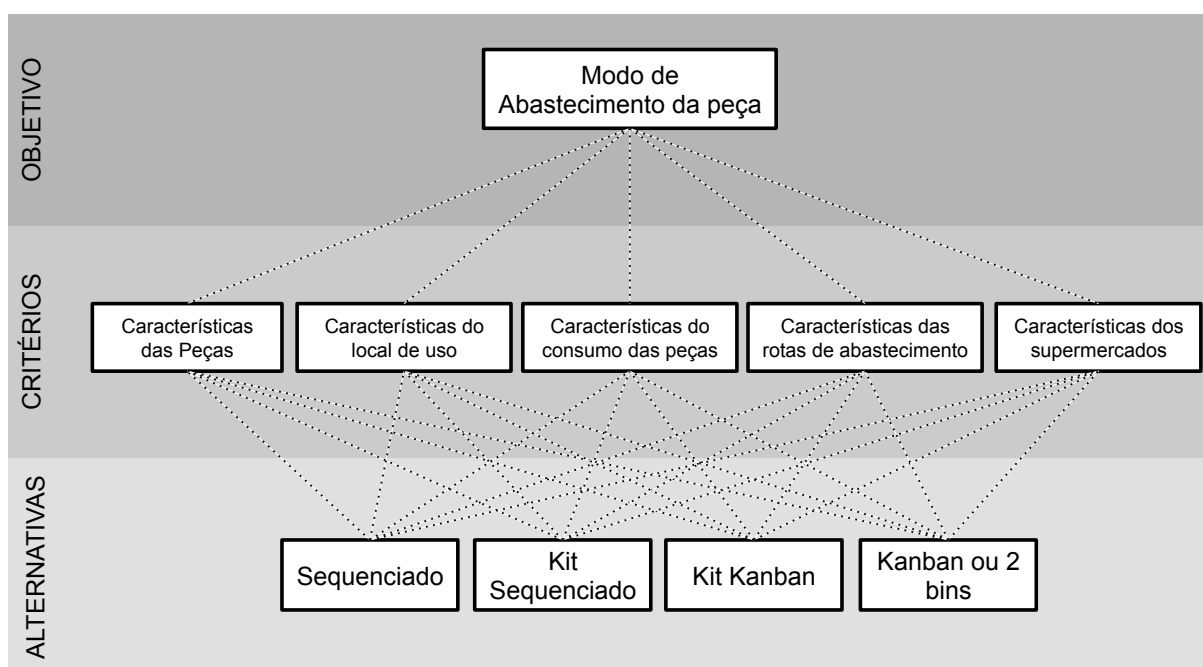
operador (MAPO) caracterizados no levantamento bibliográfico, bem como atestam também as características da logística interna (CLI) que impactam ou são impactados diretamente por esta transformação.

Outro ponto importante presente nestes casos estudados é a necessidade de um parecer de um especialista na classificação das peças entre os diversos MAPOs possíveis e conduzir as mudanças da CLI necessárias para o seu suporte. Para elucidar este processo decisório e contribuir academicamente neste contexto prático, foram convidados estes mesmos especialistas dos três casos estudados a um processo de hierarquização dos diversos critérios de decisão a fim de criar um método de classificação de peças para a definição dos MALM segundo o processo AHP (SAATY, 2008), narrados no próximo capítulo.

5. PROPOSTA DE MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE PEÇAS

Conforme os resultados do levantamento sistemático e a certificação de suas aplicações práticas dos estudos multicaseos, foi proposto aos especialistas a realização das comparações paritárias entre os critérios de decisão das MALMs. Este processo foi conduzido conforme narrado no capítulo 3, instrumentalmente através de um fórum de e-mails. Os critérios levantados se resumiram conforme a figura 19.

Figura 19 – Critérios para definição dos modos de abastecimento de linhas de montagem



Fonte: O autor (2017).

Desta forma, os especialistas foram instigados a colocarem pesos segundo suas experiências e opiniões na seleção de um modo de abastecimento sobre cada peça, a cada par de critérios. Estes pesos e seus significados, seguem a adaptação da escala proposta por Saaty (2008). Onde dependendo da opinião quando um critério de decisão se sobrepõe a outro, pode-se atribuir 9 em uma sobreposição absoluta, 7 para uma forte influência, 5 para uma moderada influência, 3 para levemente influente ou 1 quando não se identificar nenhuma predominância de um critério sobre outro. Conforme tabela 1.

As opiniões dos especialistas imediatamente convergiram para o tamanho da peça como principal critério para seleção do MALM para uma peça. Também

convergir sobre a submissão das características da logística interna frente as características do layout do posto de trabalho. Em resumo, para seleção dos MALMs, o primeiro critério sobre os demais, é a característica da peça. Já no outro extremo, a característica do posto cliente é assumido como condição de contorno. Ou seja, deve-se obter uma MALM que suporte o layout do posto da forma que ele foi concebida. Não sendo portanto, um critério de peso na decisão dos MALMs propriamente dito a questão do espaço na linha de montagem. Já as relações paritárias intermediárias, as divergências de opinião entre especialistas foram rapidamente sanadas em uma ou duas trocas de comunicações entre os presentes na discussão. Cada número foi defendido com argumentações assertivas e exemplos práticos. Sempre na linha da necessidade de adaptação da logística frente as necessidades do posto. O resultado assim obtido segue no quadro 7.

Quadro 7 – COMPARAÇÃO PARITÁRIAS DOS ESPECIALISTAS

Para decisão de qual o modo de abastecimento, qual dos critérios tem maior peso? Comparação entre pares de critérios n1											
Pergunta	Critério	Absoluto	Influencia forte	Moderada influencia	Levemente influente	Equivalentes	Levemente influente	Moderada influencia	Influencia forte	Absoluto	Critério
5.1	Característica das peças (tam/peso)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Layout do local de uso (posto de trabalho)
5.2	Característica das peças (tam/peso)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características do consumo das peças
5.3	Característica das peças (tam/peso)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características das rotas de abastecimento
5.4	Característica das peças (tam/peso)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características dos locais de separação
5.5	Layout do local de uso (posto de trabalho)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características do consumo das peças
5.6	Layout do local de uso (posto de trabalho)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características das rotas de abastecimento
5.7	Layout do local de uso (posto de trabalho)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características dos locais de separação
5.8	Características do consumo das peças	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características das rotas de abastecimento
5.9	Características do consumo das peças	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características dos locais de separação
5.10	Características das rotas de abastecimento	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Características dos locais de separação

Fonte: O autor (2017).

Assim na opinião dos especialistas consultados o critério tamanho das peças é a chave do processo decisório na questão dos MALM. Na tabela 3 segue o resultado das comparações paritárias obtidas através dos especialistas dos casos estudados. Na tabela 4 segue a mesma matriz agora normalizada, necessária para a determinação do vetor prioridade ou auto vetor.

Tabela 3 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PARITÁRIA PARA OS MALM

AHP MALM	Característica das peças	Layout do local de uso (posto de trabalho)	Características do consumo das peças	Características das rotas de abastecimento	Características dos locais de separação
Característica das peças (tam/peso)	1	9	5	7	9
Layout do local de uso (posto de trabalho)	0,11	1	0,20	0,33	1
Características do consumo das peças	0,20	5	1	3	3
Características das rotas de abastecimento	0,14	3	0,33	1	1
Características dos locais de separação	0,11	1	0,33	1	1
Soma	1,57	19	6,87	12,33	15

Fonte: O autor (2017).

Tabela 4 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO NORMALIZADA

AHP MALM	Característica das peças	Layout do local de uso (posto de trabalho)	Características do consumo das peças	Características das rotas de abastecimento	Características dos locais de separação
Característica das peças (tam/peso)	0,639	0,474	0,728	0,568	0,600
Layout do local de uso (posto de trabalho)	0,071	0,053	0,029	0,027	0,067
Características do consumo das peças	0,128	0,263	0,146	0,243	0,200
Características das rotas de abastecimento	0,091	0,158	0,049	0,081	0,067
Características dos locais de separação	0,071	0,053	0,049	0,081	0,067

Fonte: O autor (2017).

Desta forma, calcula-se a contribuição de cada critério em relação ao objetivo geral através do auto vetor. Esta é obtida através da média aritmética dos valores de cada um dos critérios, tabela 5.

Tabela 5 – Calculo do Auto Vetor

Auto Vetor	Calculo	Resultado
Caracteristica das peças (tam/peso)	$(0,639+0,474+0,728+0,568+0,600)/5$	60%
Layout do local de uso (posto de trabalho)	$(0,071+0,053+0,029+0,027+0,067)/5$	5%
Caracterisitcas do consumo das pecas	$(0,128+0,263+0,146+0,243+0,200)/5$	20%
Caracterisitcas das rotas de abastecimento	$(0,091+0,158+0,049+0,081+0,067)/5$	9%
Caracteristicas dos locais de separacao	$(0,071+0,53+0,049+0,081+0,067)/5$	6%

Fonte: O autor (2017).

O resultado matemático mostra uma dominância dos tamanhos das peças como principal critério de definição do método de abastecimento, seguido das características do consumo das peças e características das rotas de abastecimentos. A lógica comum entre os três especialistas participantes é que quanto maior a peça em questão, maior a necessidade de um abastecimento unitário e sequencial conforme a entrada de linha de produção. Na esteira deste abastecimento sequenciado agrega-se ainda componentes médios em kits. Para o kanban 2 bins ficam apenas os itens pequenos utilizados geralmente na fixação das peças maiores no conjunto que está sendo montado (porcas, parafusos, arruelas etc). Os critérios de locais de separação e layout do posto de trabalho foram considerados irrelevantes no contexto da escolha, pois caso haja necessidade de adaptações, estas devem ser realizadas para a adoção do método escolhido pelos outros critérios.

Estas conclusões do auto vetor foram validadas através da verificação da consistência das opiniões dos especialistas. Esta verificação se dá através do índice de consistência proposto por Saaty (2005) . Para tanto o primeiro passo é

determinar auto valor ($\lambda_{m\acute{a}x}$). Que se calcula pelo somat3rio do produto de cada elemento do auto vetor pelo total da respectiva coluna matriz comparativa original, na tabela 6.

Tabela 6 – Calculo do Auto Valor

Calculo Auto Valor	Caracteristica das peças	Layout do local de uso (posto de trabalho)	Caracterisitcas do consumo das pecas	Caracterisitcas das rotas de abastecimento	Caracteristicas dos locais de separacao
Auto Vetor	0,602	0,049	0,196	0,089	0,064
Soma Mat Comp	1,57	19,00	6,87	12,33	15,00
N3mero Principal	[(0,602*1,57)+(0,049*19)+(0,196*6,87)+(0,089*12,33)+(0,064*15)= 5,282				

Fonte: O autor (2017).

O pr3ximo passo para determina33o do 3ndice de Consist3ncia (CI) se d3 pela seguinte equa33o (1):

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (1)$$

onde o $\lambda_{m\acute{a}x}$ 3 o auto valor e n 3 o n3mero de crit3rios avaliados. No caso o auto valor foi calculado em 5,282, crit3rios avaliados foram 5, resultando em um CI de 0,071.

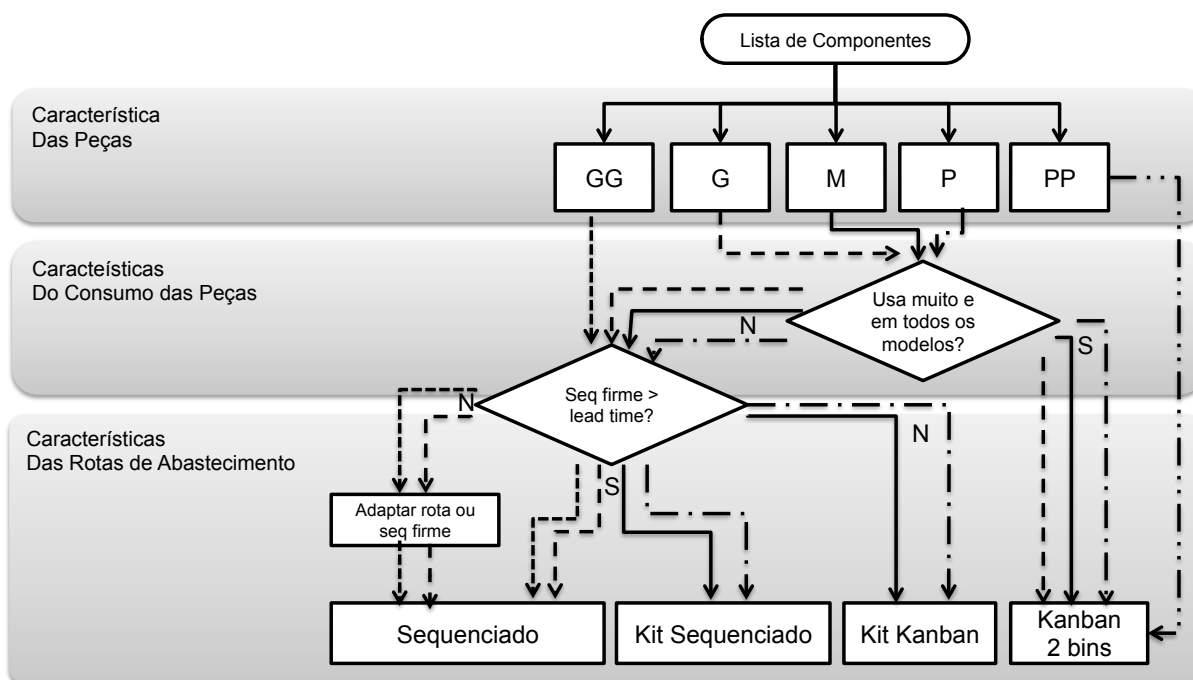
Por fim para verificar se o valor de CI 3 adequado, Saaty (2005) prop3e o calculo da taxa de consist3ncia (CR), calculada pela seguinte equa33o (2):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

onde CR 3 a taxa de consist3ncia, que deve ser menor que 10% para que a matriz de compara33es dos especialista seja considerada consistente, o CI 3 o 3ndice de consist3ncia calculado atrav3s da equa33o (1), e o 3ndice de consist3ncia aleat3ria (RI) 3 um valor fixo que tem como base o n3mero de crit3rios avaliados. No caso de 5 crit3rios avaliados o valor 3 1,12 (tabela 2). No caso das compara33es parit3rias realizadas neste trabalho, o CR encontrado 3 de 6%, considerado portanto consistente a hierarquiza33o obtida.

Desta forma, a hierarquização obtida segundo o auto vetor (tabela 5) corroborado pela orientação conclusiva do multicaso: a submissão da das características da logística interna em relação às necessidades da linha de montagem, suportam a proposta do seguinte fluxo, representado na figura 20.

Figura 20 – FLUXOGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DE PEÇAS PARA SELEÇÃO DOS MALM



Fonte: O autor (2017)

Partindo-se da lista de peças necessárias ao posto de fabricação, a primeira classificação sugerida é a do tamanho do item. Neste primeiro critério, 3 alternativas de fluxo são indicadas. As peças extremamente grandes (GG) são sugeridos o método sequenciado de abastecimento. Já para as peças extremamente pequenas (PP) o método 2bins já são indicadas. As peças intermediárias, uma análise do consumo é sugerido como um importante critério para a definição de sequenciados ou puxados. Peças que tem consumo estável, não variando ao longo do tempo ou consumido em grandes quantidades, os sistemas kanban ou 2bins são indicados. Para as peças que tem consumo específico em apenas alguns modelos possíveis da linha de montagem sugere-se um novo nível de verificação. No terceiro nível de checagem é para a decisão entre kits sequenciados ou kits kanban. Refere-se a comparação entre prazos de sequenciamento firme contra o tempo do processo de logística de abastecimento. Também uma imposição é feita no tocante em peças que necessitam ser sequenciadas mas os processos logísticos não comportam em

termos de prazo de sequencia firme de montagem a operação de sequenciamento para abastecimento. Subordinando a necessidade de se congelar a sequencia por um tempo suficiente para o processo logístico ou reduzir o tempo do processo logístico. Para melhor esclarecer a ordem destas análises, detalha-se na sequencia os pontos de classificação de acordo com o nível hierárquico da decisão, a saber: classificação pelo tamanho, classificação pela característica do consumo e classificação pela característica da rota de abastecimento.

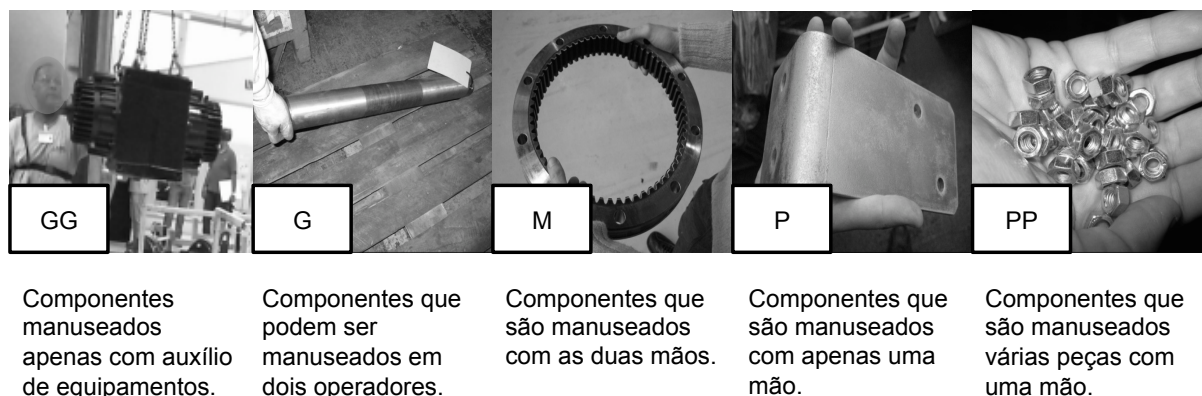
5.1 – CLASSIFICAÇÃO PELO TAMANHO DAS PEÇAS

Como a primeira classificação é subjetiva (a do tamanho), estabeleceu-se ainda em conjunto com os especialistas, os seguintes critérios para classificação pelo tamanho/peso do item em 5 categorias a saber: Extra Grandes (GG), Grandes (G), Médias (M), Pequenas (P) e Muito Pequenas (PP). Na sequencia detalha-se melhor os critérios para atribuir as classes para cada peça:

- Peças GG, Extra Grandes. São as peças que são manuseadas apenas com auxílio de içamento. Tanto por motivos de volume quanto peso.
- Peças G, Grandes. São peças que podem ser manuseadas em dois operadores ou com içamento.
- Peças M, Médias. São peças que podem ser manuseadas em um operador com as duas mãos. Peso não sendo uma restrição, apenas um cuidado com a geometria da peça.
- Peças P, Pequenas. São peças que são manuseadas unitariamente por um operador com apenas uma das mãos.
- Peças PP, Muito Pequenas. São peças que com uma das mãos se manuseia várias unidades ao mesmo tempo.

Na figura 21, extraídos da experiência empírica dos especialistas participantes da pesquisa, é retratado os critérios para classificação do tamanho das peças.

Figura 21 – CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE TAMANHO DE PEÇAS



Fonte: O autor (2017).

Cabe aqui salientar que esta classificação primária sugerida suportada apenas pela experiência empírica dos participantes da pesquisa, porém um detalhamento maior, principalmente quanto a capacidade de manuseabilidade das peças segundo critérios ergonômicos é altamente recomendável.

5.2 – CLASSIFICAÇÃO PELA CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO

No segundo nível de checagem e decisão, as peças classificadas como grandes, médias e pequenas, devem ser detalhadas as características do consumo das peças. Critério levantado no capítulo 2 - figura 13. Hierarquizado pelo método AHP relatado anteriormente na introdução deste capítulo. Pois da característica do consumo das peças a decisão sugerida pode variar entre sequenciados, kits ou kanbans.

O principal ponto de verificação consiste se a peça em questão é usada em qualquer um dos vários modelos que são montados no posto e/ou se utiliza várias vezes durante o cumprimento do roteiro de montagem designado ao posto. Conforme ilustrado na figura 22. Em ambos os casos, a presença de pequenos lotes na borda de linha por mais espaço que possam ocupar, é justificado pela constância do uso. Assim recomendando um sistema de kanban de reabastecimento, por cartão ou pelo sistema de duas caixas.

Figura 22 – VERIFICAÇÃO DA CARACTERÍSTICA DO CONSUMO DAS PEÇAS

Para as peças:



Fonte: O autor (2017).

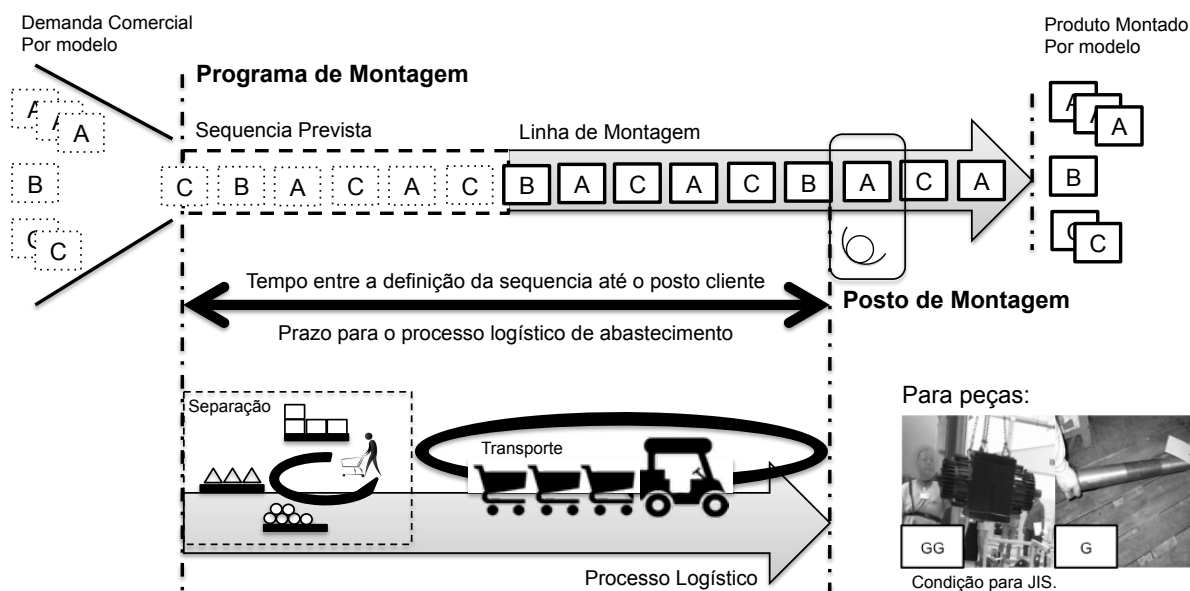
Caso o item em estudo seja utilizado unitariamente em cada produto montado e sua utilização depende do modelo específico previsto na sequência da linha de montagem, passa-se a sugestão de sistema de abastecimento por kits ou sequenciamento. Evitando a presença dos mesmos nas áreas de borda da linha de montagem. Porém para a definição entre sequenciados, kits sequenciados ou kits kanban, passa-se ao segundo nível de verificação sugerida no fluxo da figura 20.

5.3 – CLASSIFICAÇÃO PELA CARACTERÍSTICA DA ROTA DE ABASTECIMENTO

O segundo nível de verificação é sugerida para os itens extra grandes e os itens grandes, médios e pequenos com consumo específico por modelo derivado da verificação anterior. Trata-se da checagem quanto ao prazo necessário para as rotas e rotinas de abastecimento sequenciado versus o prazo dado pela sequência de modelos previstas para a execução da montagem na linha. Ou seja, o cruzamento do critério das características das rotas de abastecimento e das características de consumo das peças. O prazo decorrido do ponto de decisão de quais modelos serão ordenados na linha de montagem e o consumo no posto específico, deve ser maior que o tempo de processo para seleção do item, montagem do kit quando aplicável e

transporte até o posto de montagem (figura 23), para suportar os sistemas de sequenciamento e kits sequenciados.

Figura 23 – VERIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS ROTAS DE ABASTECIMENTO



Fonte: O autor (2017).

Caso contrário, não havendo tempo hábil para todo o processo de abastecimento sequenciado em kits, abre-se espaço para o abastecimento por kits kanban (figura 9). Isto sendo aplicável para as peças médias e pequenas. Para as muito grandes e grandes, deve-se adaptar o fluxo de peças ao posto de modo a reduzir o prazo de abastecimento ou ampliação do prazo de sequenciamento firme previsto na linha de montagem. Em alguns trabalhos correlatos a esta dissertação, como por exemplo os trabalhos desenvolvidos por Soares et al, (2014); algumas sugestões para redução do prazo para abastecimento enxuto são abordados, como o aumento de frequência e a aproximação física das áreas de supermercado e postos de montagem.

Assim, para cada tamanho de peças um desdobramento sobre a logística de abastecimento deve ser realizado. Para peças classificadas como GG (muito grandes) o método passa a ser sequenciado (figura 6). Para as peças G (grandes) preferencialmente será sequenciado como as peças anteriores, com a opção em casos muito específicos de consumo ir para o método kanban de caixas ou etiquetas (figura 7). Já para as peças M (médias) e P (pequenas) estas serão apresentadas ao

operador por meio de kits sequenciados (figura 8) preferencialmente. Em casos específicos de consumo podem ser por kanban tal qual as peças G (figura 7), ou ainda em uma variação dos kits puxados (figura 9). Já as peças PP, estas preferencialmente serão abastecidas pelo sistema kanban (figura 7). Para esta última categoria, ainda, mesmo que não representado no fluxo sugerido na figura 20, há a possibilidade de inserção no kit sequenciado ou puxados dependendo do consumo ser muito específico em modelos especiais e o uso por máquina montada seja muito baixo (o oposto das situações apresentadas na figura 22).

5.4 – MÉTODO PROPOSTO

Uma vez definido o fluxo decisório, chega-se ao seguinte método proposto para classificar peças quanto aos modos de abastecimento:

Passo 1 – Parte-se da lista de itens a serem abastecidas no posto de montagem, isto é derivado do balanceamento de atividades, independentemente do modelo a ser montado.

Passo 2 – Classifica-se de acordo com o tamanho do componente seguindo o item 5.1. Onde as peças GG ficam pré dispostas para entregas sequenciadas e peças PP para kanban 2 caixas.

Passo 3 – Para os itens intermediários P, M e G verifica-se as características do consumo conforme item 5.2. Onde itens com consumo em todos os modelos ou que usam em grande quantidade a cada máquina montada no posto, são indicados sistemas de abastecimento por kanban de cartão ou 2 caixas.

Passo 4 – Para os itens que o consumo é mais específico por modelo, kits são indicados. Se são sequenciados ou puxados depende do tempo para se realizar a atividade de separação em kits e do transporte até o posto. Caso este tempo seja menor que o prazo dado pelo sequenciamento firme da montagem e o efetivo momento em que as peças devem estar na mão do operador, sequenciados serão a opção mais indicada.

Passo 5 – Peças GG e G de uso exclusivo por modelo, deve-se adaptar o fluxo de informação ou o tempo do processo de separação e transporte interno para o sequenciado devido ao grande impacto no espaço e nos deslocamentos do operador no posto de montagem.

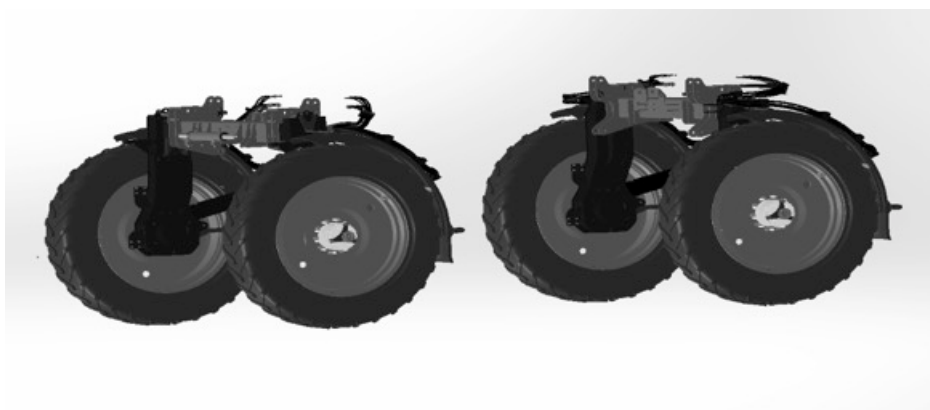
Ao final deste processo deve-se obter uma lista de itens a serem entregues na linha de forma sequenciada, kits sequenciados, kits puxados e kanban. Adaptações sobre os processos de logística e de montagem devem ser realizadas para a implementação destes métodos. Os sequenciados e kits sequenciados, o foco das principais mudanças será sobre a logística interna, isto implica em supermercados de separação, rotas frequentes de abastecimento, carrinhos especiais e berços para acomodação dos kits. Já os sistemas puxados, tanto kits como kanban de cartão ou de caixas deve-se adaptar o posto de montagem. Para tanto, utiliza-se preferencialmente as prateleiras dinâmicas (*flow racks*). Para adaptações das embalagens e prateleiras dinâmicas no posto de trabalho um estudo de interesse seria de Souza (2008).

6 – ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO

Para atestar a aplicabilidade do método desenvolvido no capítulo anterior, foi realizada uma pesquisa-ação em uma empresa situada na região metropolitana de Curitiba fabricante de implementos agrícolas. Subsidiária de um grupo francês, a planta estudada conta com cerca de 300 funcionários, possui processos de metalurgia, solda, pintura e montagem. Esta planta produz máquinas agrícolas de pequeno a grande porte em três linhas de montagem.

Foi escolhido um posto de pré-montagem de eixos e rodados para a aplicação do método proposto. Tal escolha se dá pelo posto representar um gargalo da linha de montagem das máquinas de grande porte da planta. O ritmo de fabricação deste tipo de máquina no ano de 2016 foi de 2 máquinas por dia, não devendo mudar para o próximo ano. Cada máquina pela sua característica técnica e de aplicação, consome 2 conjuntos de eixo e rodado, o dianteiro e o traseiro (figura 24). Ou seja, a sub-montagem estudada trabalha com 4 conjuntos por dia.

Figura 24 – CONJUNTO RESULTANTE DA PRÉ MONTAGEM DE EIXOS E RODADOS



Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

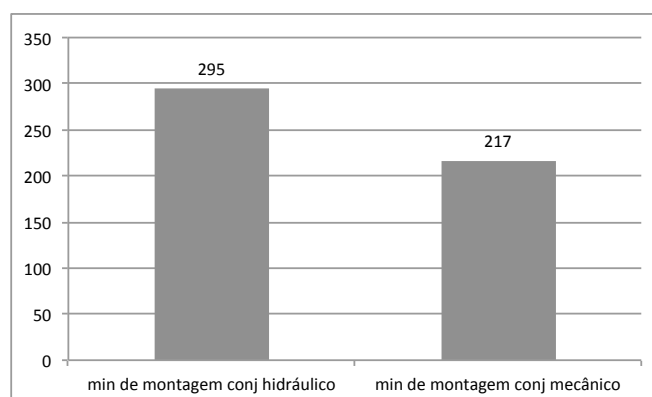
Quanto a variedade de modelos que esta pré-montagem deve produzir, temos no total de 20 diferentes modelos. Cada máquina de grande porte, consome um conjunto dianteiro e outro conjunto traseiro. Sendo que na linha multimodelos são produzidas 5 famílias de máquinas, com transmissão mecânica ou hidráulica. Logo para o posto focado no estudo, são 2 conjuntos produzidos (dianteiro e traseiro), 2 tipos (mecânicos e hidráulicos) em 5 famílias diferentes de máquinas. Perfazendo os 20 modelos do posto de montagem.

Como situação geral, relevante ao estudo proposto, há de se informar que a planta em questão já possui um abastecimento feito por rebocadores e um sistema de informação que já transforma a sequência de montagem prevista em listas de separação de peças por máquinas. Ou seja, a planta já possui um sistema de trabalho de abastecimento enxuto. O objeto deste estudo de caso será reclassificar os itens de acordo com o método proposto.

6.1 – CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO INICIAL

O posto escolhido para aplicação da proposta de método de seleção dos modos de abastecimento necessita desta revisão pois sofreu um novo balanceamento de atividades entre os operadores (4 no total). Este novo balanceamento de atividades foi necessário devido a uma mudança de perfil de demanda sofrida pela empresa. Notadamente houve um grande aumento da demanda de máquinas hidráulicas em relação as máquinas mecânicas. Como o tempo de montagem dos conjuntos hidráulicos são em média 27% maiores que os conjuntos mecânicos (gráfico 4), mesmo com a intercalação máxima entre hidráulicos e mecânicos na sequência de montagem, inevitavelmente, houve um atraso da atividade neste posto em relação aos demais postos da linha de montagem. Justificando pelo lado da empresa, as modificações e investimentos necessários para a adoção da metodologia proposta.

Gráfico 4 – DIFERENÇA DO TEMPO DE MONTAGEM DOS CONJUNTOS ENTRE HIDRÁULICOS E MECÂNICOS



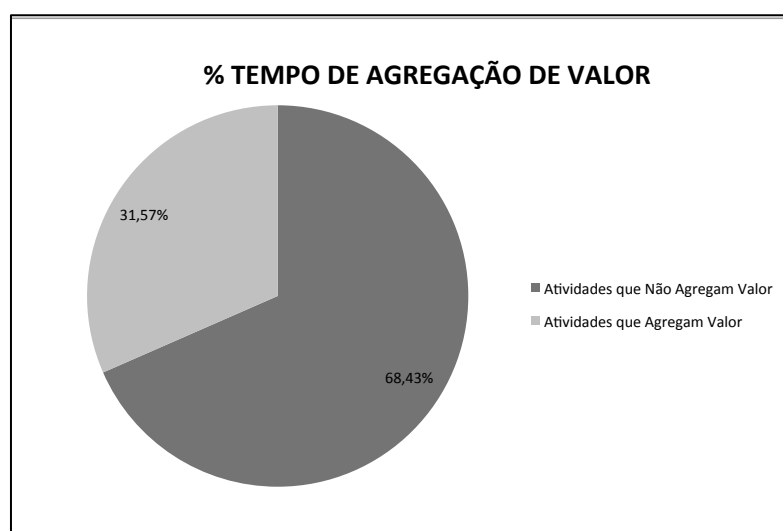
Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

Como estado inicial do posto de trabalho, para a montagem dos 20 modelos diferentes, em termos de componentes, são utilizados um arranjo de 526 peças. Sendo 312 peças oriundas de fornecedores externos à planta e 214 peças de origem interna (os processos de metalurgia, solda e pintura). Sendo que 336 peças ou 64% em regime de abastecimento em kits sequenciados, 168 peças ou 32% em kanban 2 bins e 22 peças ou 4% em regime de sequenciado.

Em se tratando de prazo para se concretizar os abastecimentos sequenciados, com duas máquinas ao dia, e levando-se em conta o tempo de montagem mais o ponto de utilização do pré conjunto na linha principal e a quantidade de máquinas em processos internos de fabricação, há de ser considerada um tempo de sequenciamento fixo de 2 dias para os processos logísticos do posto de fabricação serem concretizadas.

Para quantificar as evoluções do posto, e garantir o alinhamento do projeto em relação a sua necessidade principal de redução do tempo de fabricação dos conjuntos de eixo, rodado, e a transmissão hidráulica das máquinas, foi realizado um levantamento de tempos de montagem. Já classificando estes tempos entre atividades que agregam e não agregam valor dos 4 operadores do posto. Por observação direta da montagem de 10 máquinas hidráulicas produzidas, foram constados uma perda de 68,43% do tempo dos operadores em atividades que grosseiramente não agregam valor (gráfico 5).

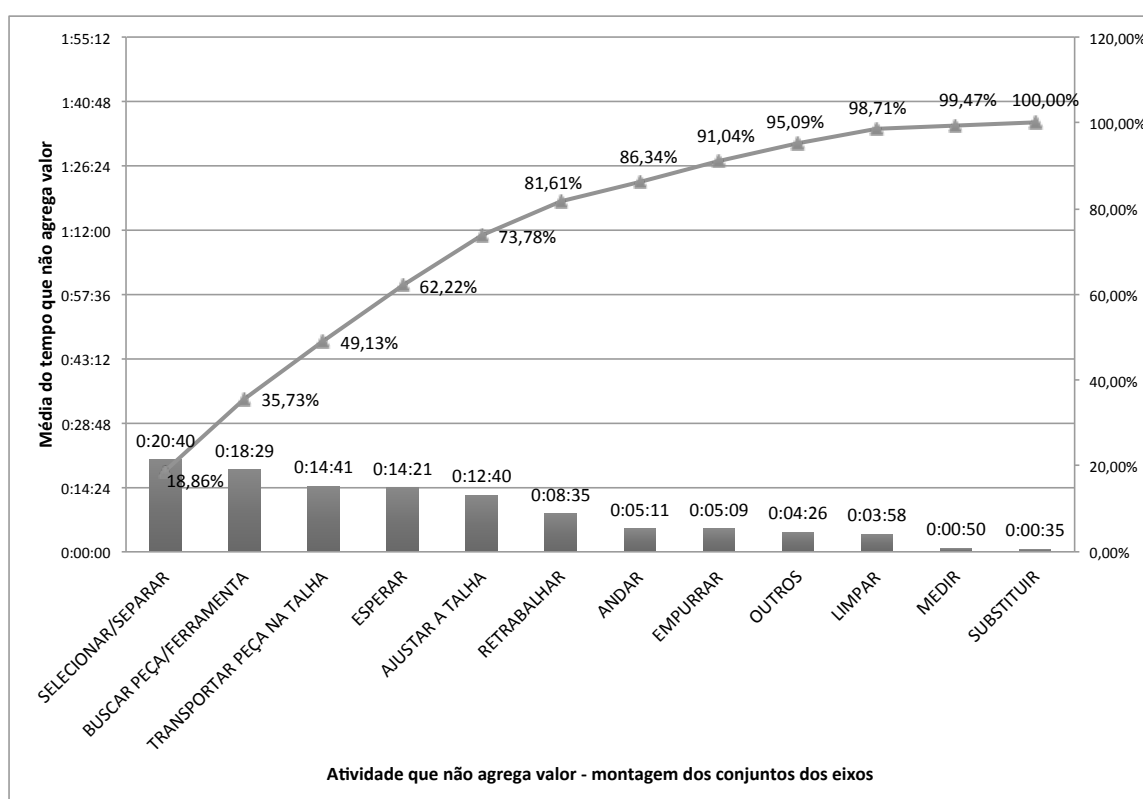
Gráfico 5 – TEMPOS QUE AGREGAM E NÃO AGREGAM VALOR NA MONTAGEM DOS EIXOS HIDRÁULICOS



Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

Dos 31,57% do tempo de montagem considerados como perdas de produtividade da mão de obra da célula de montagem, foram mapeadas 12 diferentes situações. Destas, 5 situações responderam por 73,78% do tempo perdido. São elas (em ordem decrescente de participação na perda): selecionar e separar componentes para a montagem, transporte de peças e ferramentas dentro da célula, transportar peça na talha (içamento), espera e ajuste nos ferramentais (gráfico 6).

Gráfico 6 – PARETO DAS PERDAS DE PRODUTIVIDADE NA MONTAGEM DOS EIXOS



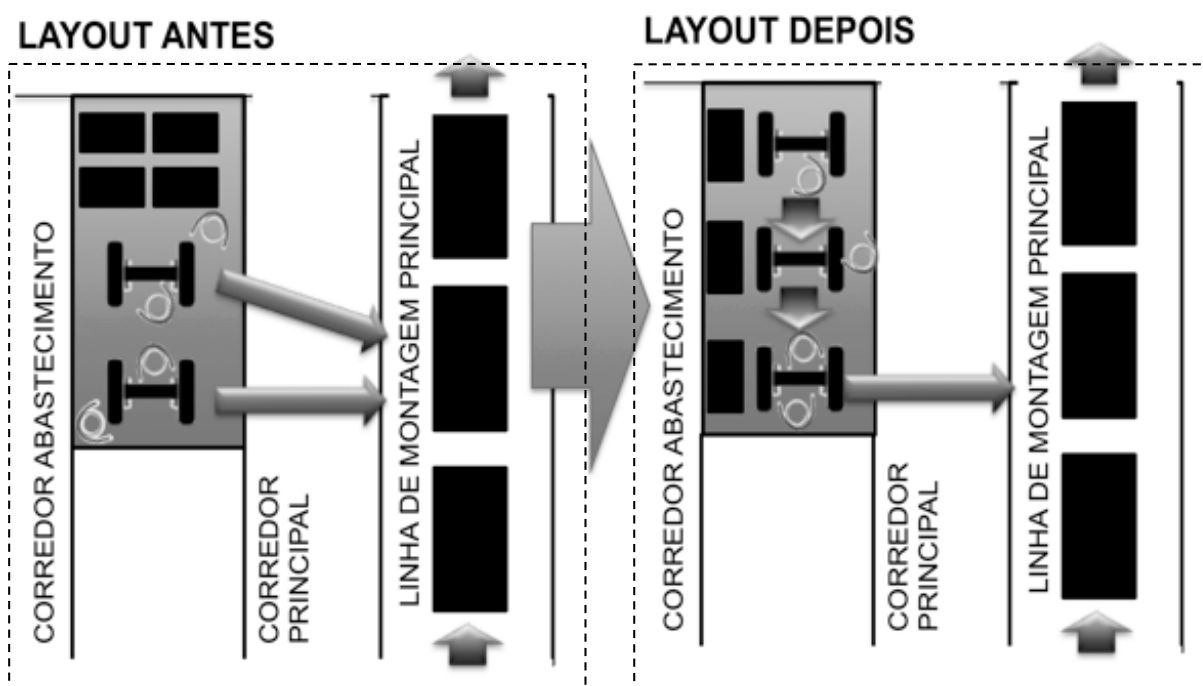
Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

Assim, das 5 principais causas das perdas, temos as atividades de selecionar/separar e a de buscar peça/ferramenta, elementos estes diretamente relacionados ao tema desta pesquisa (métodos de abastecimento de linhas de montagem).

Com base nestas verificações iniciais, as transformações desenvolvidas pela empresa se deram inicialmente com uma redivisão interna das atividades entre os operadores. Foram reordenadas os detalhes da operação entre fases sequenciais para cada operador. Tal reordenamento resultou em pacotes de trabalho menores

que resultaram em uma divisão interna do posto. Inclusive alterando o layout da área (figura 25). Antes denominada como uma grande submontagem única, depois uma composição de 3 fases distintas de montagem. As duas primeiras fases de montagens realizadas por 1 operador em cada e a última fase, realizada com 2 operadores.

Figura 25 – ALTERAÇÕES DE LAYOUT DEVIDO A REBALANCEAMENTO DE ATIVIDADES



Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

Por extensão e consequência da subdivisão do conteúdo do trabalho em três postos dentro da sub-montagem foco do estudo, a lista original de 526 peças a serem abastecidas foram subdivididas em 3 listas menores onde foram aplicadas a metodologia de classificação de peças desenvolvidas no capítulo 5 deste trabalho.

6.2 – APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

A metodologia proposta foi aplicada em 3 listas diferentes. Cada lista relativa a divisão das atividades realizadas e descritas no item anterior. A primeira vez sobre uma lista de 275 itens, a segunda vez sobre uma lista de 221 peças e uma terceira vez, sobre uma lista de 30 peças. Totalizando 532 peças conforme tabela 7.

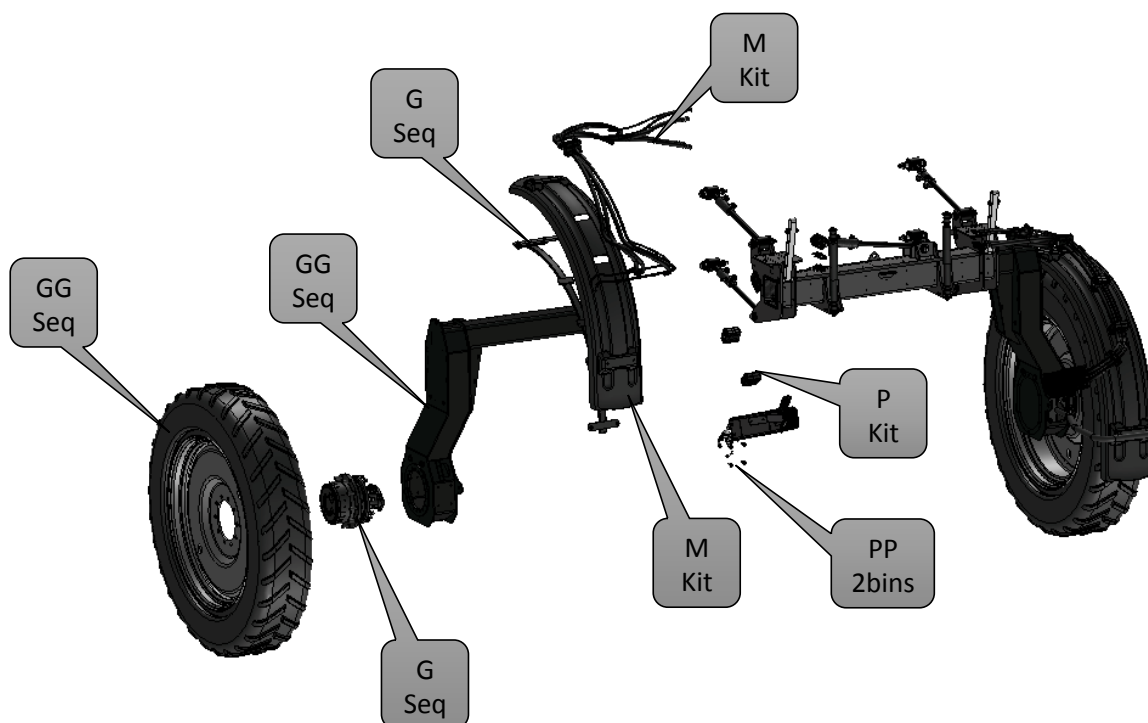
Tabela 7 – RESULTADOS DA RECLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS

Modos de Abastecimento	Empírico		Método Proposto				
	Original	%	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Final	%
JIS	22	4%	9	11	6	26	5%
Kits Sequenciados	336	64%	164	119	7	290	55%
Kits Kanban	0	0%	0	0	0	0	0%
Kanban 2 bins	168	32%	102	91	23	216	41%
Total de Itens	526	100%	275	221	36	532	100%

Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

Conforme proposta, uma primeira classificação de tamanhos foi realizada. Dividindo os componentes montados na célula de trabalho por tamanho. Além do tamanho, para definição dos modos de abastecimento, também foram analisados os aspectos de consumo e das características das rotas de abastecimento. Na figura 26, alguns exemplos da classificação aplicada a um dos modelos de eixo hidráulico focado no estudo de caso.

Figura 26 – CLASSIFICAÇÃO DE TAMANHO DAS PEÇAS DO POSTO ESTUDADO



Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

Das principais mudanças geradas pela metodologia proposta, temos a inserção de 4 itens na lista de sequenciados. Uma vez que são peças produzidas

internamente que em média (dos diferentes modelos) pesam mais de 42 kg cada. Migrando portanto da base de um kit (anterior) para um sequenciado exclusivo.

Sob as 336 peças originalmente abastecidas em kits sequenciados, 4 itens foram ao sequenciado puro (parágrafo anterior) e 58 peças foram para o sistema kanban de abastecimento, uma vez que são utilizados em todos os modelos. E 16 peças saíram do sistema kanban de abastecimento e vieram para kits sequenciados pelo uso seletivo por modelo produzido. Ambas as decisões baseadas na característica de consumo das peças, segundo nível de classificação do método proposto (figura 22). Perfazendo 290 itens na classificação final, apresentando uma redução de 9% entre o que era praticado na célula até então e a nova proposta de classificação.

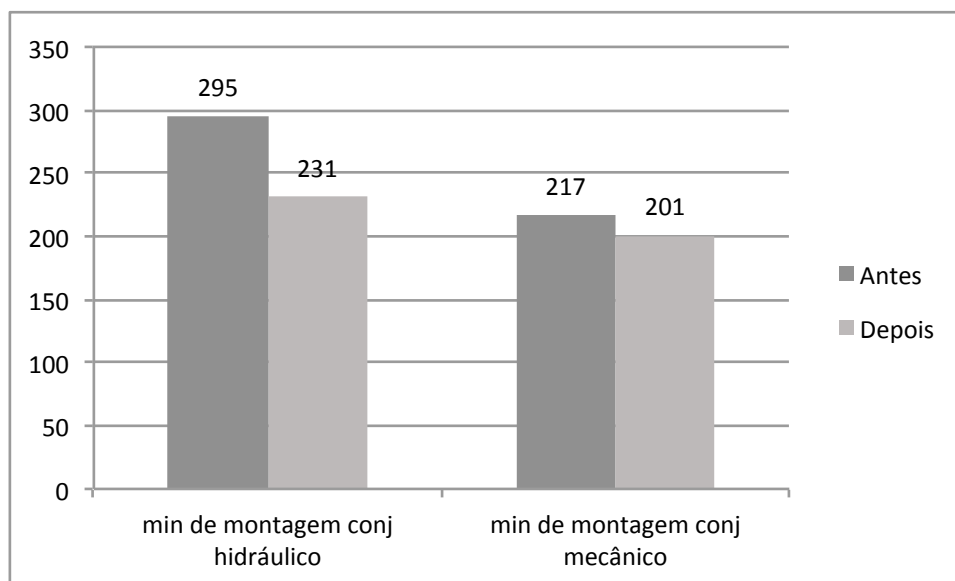
Complementarmente o sistema kanban 2 bins, utilizado majoritariamente por peças pequenas e muito pequenas, a quantidade de itens subiu de 168 para 216 itens. Lembrando que adicionou-se-se os 58 itens que eram kits e reduziram-se 16 itens para kits. Também, ressalta-se a inserção de 6 peças adicionais da lista original, são itens de fixação (parafusos, porcas e arruelas) que precisaram ser replicadas e repetidas no sistema kanban 2 bins, entre as divisões internas do trabalho do posto, sob pena caso contrário de aumentar o deslocamento do operador para ir busca-las.

Ressalta-se também a não ocorrência de necessidades de trabalho com os kits kanban, pois conforme dito anteriormente, a empresa em questão já possui rotas de frequência alta, ágeis ao ponto de seu tempo de processo ser menor que 2 dias de sequenciamento firme. Prazo máximo que impediria o uso de sequenciados no posto em questão. Regra do prazo logístico, figura 23.

6.3 – RESULTADOS OBTIDOS

Ilustrando o resultado tangível obtido, retorna-se aos objetivos da empresa no tocante a transformação implementada, o gráfico 7, ilustra os ganhos com as reduções dos tempos de montagem obtidas.

Gráfico 7 – EVOLUÇÃO DO TEMPO DE MONTAGEM DOS CONJUNTOS HIDRÁULICOS E MECÂNICOS



Fonte: Empresa Estudo de Caso de Aplicação do Método (2017).

No caso dos conjuntos hidráulicos (foco do projeto) o ganho foi de 21% no tempo de montagem. Não obstante, tais alterações também promoveram o ganho nos conjuntos mecânicos de 7%. Pois ambos os modelos, compartilham da mesma estação de montagem.

Além do resultado tangível, pode-se citar como ganho intangível do novo método no caso estudado, a clareza da decisão devido a sua estruturação e a divulgação das regras que resultaram em cada lista de peças por tipo de abastecimento. Tal clareza trouxe como vantagem um direcionamento de esforços na adaptação dos carrinhos e dispositivos de abastecimento da linha. Antes para cada dificuldade, havia sempre um questionamento e solicitação de reclassificação de peças principalmente no que se referia aos métodos de kit e do kanban. A redução do número de revisões e discussões trouxe velocidade na implementação das alterações necessárias.

Como conclusão da aplicabilidade do método, a mesma mostrou-se aplicável e trouxe alguns benefícios adicionais pela clareza e assertividade do método. Cabe ressaltar que a empresa escolhida para aplicação do novo método de classificação de peças já possuía em seu sistema de gestão (ERP) e o sistema de gerenciamento

de armazém (WMS) módulos e aplicações que permitem o uso de kits sequenciados ou sequenciados por item. Na parte das estruturas físicas, a empresa também já possuía abastecimento com o uso de rebocadores e carrinhos no lugar das empilhadeiras. Portanto, não houveram grandes resistências e necessidades de grandes investimentos para a aplicação de método de abastecimento enxuto por peça. Apenas migrações de itens entre métodos já praticados na empresa estudada.

7 – CONCLUSÕES

Conforme descrito no capítulo introdutório, esta pesquisa buscou gerar um contributo, segundo o rigor científico, a uma questão extremamente prática no contexto de abastecimento de linhas de montagem multimodelos. De como as peças devem ser abastecidas na linha de montagem a fim de minimizar seus deslocamentos internos inúteis. Contexto cada vez mais são exigido em termos de contínuo aumento de diversidade de modelos ofertados ao público, prazos exíguos de entrega, evoluções tecnológicas dos produtos e processos, bem como a mandatária redução de custos nestas operações. No estudo de caso realizado para aplicação do método, a reordenação do processo possibilitado pelas reordenação das peças em relação ao método de abastecimento, trouxe uma redução 21% no tempo de montagem do modelo focado.

Do ponto de vista acadêmico, o tema desta pesquisa abordou uma área limítrofe entre estudos das áreas de logística e estudos das áreas de linhas de montagem. O contributo inicial a ser destacado por este ponto de vista, foi a síntese realizada sobre os modos de apresentação de peças ao operador e seus impactos sobre a área de logística. Com base em 27 artigos publicados, levantados através de uma pesquisa sistemática foi possível caracterizar os modos de abastecimento até então estudados de forma fracionada por diversos autores, atendendo ao primeiro objetivo específico proposto deste estudo.

Desta caracterização dos métodos realizada no levantamento bibliográfico relatado acima, foi possível identificar e agrupar os critérios que influenciam a decisão prática de como as peças devem ser entregues até a mão dos operadores da linha de montagem. E através do estudo multicasos apresentados no capítulo 4, observou-se e atestou-se a relevância de cada um destes critérios nos processos decisórios envolventes no contexto em três grandes empresas e seus especialistas. Na caracterização do setor atuante das três empresas estudadas, foi possível atestar também os efeitos práticos do grande número de modelos compartilhando mesmas linhas de montagem. Cumprindo assim, o segundo e o terceiro objetivo específico deste estudo.

No capítulo 5, atendendo o objetivo geral proposto para este trabalho, utilizou-se das comparações paritárias (método AHP) consensuais entre os especialistas do multicaso, obteve-se um escalonamento que é a base da proposta de método de

decisão sobre os modos de abastecimento. Assim, o método proposto escalona a decisão em três níveis.

- tamanhos das peças necessárias à montagem,
- consumo das peças,
- restrições das rotas de abastecimento.

Assim, em um processo escalonado decisório, foi possível realizar a seleção do modo de abastecimento de forma assertiva. Eliminando combinações incompatíveis fase a fase, tornando a seleção em grupos cada vez menores a cada nível de detalhamento. Descrito no capítulo 6. Desta forma o principal ganho além dos tangíveis em termos de produtividade no posto de trabalho, foi a rápida assimilação das decisões. Ajudando a empresa a focar nas transformações necessárias, uma vez que discussões sobre as melhores alternativas para cada peça não estavam mais sendo questionadas durante a implantação das mudanças. Cumprindo assim, os quatro objetivos específicos bem como o objetivo geral desta pesquisa.

Importante frisar, conforme delimitações e restrições desta pesquisa, que o método aqui proposto advém da opinião de 3 especialistas que apesar de seus extensos currículos, não devem ser generalizadas. Pois a amostragem é não probabilística, e ser intencional. São especialistas atuantes em empresas com características semelhantes em termos de diversidade de peças, modelos produzidos e ritmos de produção.

Também conforme as delimitações desta pesquisa, ressalta-se a temporalidade do método proposto. Das condições de contorno assumidas como contexto espaço-tempo da decisão, as características do consumo das peças e as características das rotas de abastecimento podem sofrer constantes evoluções, levando ao método proposto a um caráter de decisão instantânea com a necessidade de constante atualização. Portanto, frisa-se que o método aqui proposto não se finda em si mesmo. É apenas um ponto de decisão imediato e instantâneo dentro de uma série de atividades necessárias para que uma empresa possa buscar a competitividade através da adoção de métodos enxutos de produção em linhas de montagem multimodelos.

É uma decisão imediata pois existem evoluções do contexto da empresa e da linha da montagem. Como exemplo desta evoluções sobre a características do consumo de peças os trabalhos de Sumichrast et al. 2000 e Boysen et al. 2014,

revelam a necessidade de uma programação que propicie um consumo constante das peças específicas. Suavizando as demandas possibilitando favorecendo particularmente os sistemas de abastecimento por kanban ou 2 bins. Já trabalhos como o de Chuagjian et al. 2014, Emde et al. 2012, Xiaobo et al. 2002, são exemplos de evoluções possíveis sobre as características de rotas de abastecimento. Onde através de uma elevada frequência de entregas é possível reduzir os tempos de abastecimento, possibilitando entregas em sequenciado.

Ou seja, o método aqui proposto deve ser atualizado e explorado conforme a dinâmica e modificações dos eixos de modularização do produto, balanceamento de linha, políticas de sequenciamento da linha de montagem, integração dos fornecedores e modificações dos fluxos logísticos de abastecimento. São todos fenômenos interconectados que havendo uma modificação em alguns deles, todos os outros acabam sendo impactados. Desta forma, a proposta elaborada através desta dissertação, contribuiu para agilizar este processo decisório dando sustentação as constantes alterações que as linhas de montagem estão sujeitas, sendo crucial para a implementação dos próprios meios de abastecimento ditos enxutos em uma linha de montagem.

7.1 – RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Uma das principais penalidades sofridas quando se delimita um estudo aprofundado, que estas tangenciam uma série de questionamentos que acabam não sendo explorados na busca da finalização do escopo original da pesquisa. Seguem aqui portanto uma lista destas pendências para que sejam convenientemente e com rigor científico elucidadas em trabalho futuros.

Por características de acesso a dados e conveniência do pesquisador, as três empresas abordadas atuam no ramo de fabricação de grandes equipamentos, tanto no ramo rodoviário, agricultura e construção civil. Assim, uma questão de interesse, seria a validação do método aqui proposto em empresas de outros ramos de atividade, como por exemplo eletrodomésticos e veículos de passeio. Quais são os impactos em se tratando de peças menores e uma linha de montagem operando a uma velocidade maior que as que foram utilizadas como base desta pesquisa?

Aplicação de modelagens matemáticas e simuladores buscando uma comprovação maior dos benefícios do abastecimento enxuto no contexto global da

empresa. A soma dos custos da logística enxuta sobrepõe a redução de custos na montagem? Uma atualização e extensão do trabalho de Limère et al, 2011. No referido estudo, a conclusão é que a aplicação de kits de abastecimento era desvantajosa em relação a estocagem na linha. Porém, o que se observou nas empresas consultadas e até mesmo em estudos acadêmicos subsequentes é uma contínua adoção desta modalidade de abastecimento em substituição do patrulhamento e estocagem na linha.

Como principal critério apontado por esta pesquisa foi a questão tamanho das peças, uma robustez maior sobre esta classificação se faz necessária. Pois, em realidade, não seriam o tamanho da peça ou peso em si, mas o critério de decisão correto é a facilidade do manuseio das peças. Ou seja, aplicação de análises ergonômicas seriam mais corretas para a definição dos modos de abastecimento.

Por fim, uma questão, ou um desafio maior, seria a unificação do método de decisão aqui proposto com o método mais geral proposto por Soares (2014). Formatando assim um guia mais prático e generalista da adoção dos métodos de abastecimentos de linha de montagem ditos enxutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALNAHHAL, M.; NOCHE, B. **Efficient material flow in mixed model assembly lines**. SpringerPlus, 2013.

ALVES-MAZZOTTI, A.J. **Usos e abusos do Estudo de Caso**. Cadernos de Pesquisa, v. 36, n. 129, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, set./dez. 2006

BATTINI, D.; FACCIO, M.; PERSONA, A.; SGARBOSSA, F. **Design of the optimal feeding policy in an assembly system**. Int J Adv Manuf Technol, v.121, p.233-54, 2009.

BOYSEN, N. ; BOCK, S. **Scheduling just-in-time part supply for mixed-model assembly lines**. European Journal of Operational Research, 2011.

BOYSEN, N. ; EMDE, S. **Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets**. European Journal of Operational Research, 2014.

BOYSEN, N. ; EMDE, S. ; HOECK, M. ; KAUDERER, M. **Part logistics in the automotive industry: Decision problems, literature review and research agenda**. European Journal of Operational Research, 2015.

CHOI, W. ; LEE, Y. **A dynamic part-feeding system for an automotive assembly line**. Computers & Industrial Engineering, July, 2002.

CHUANGJIAN, W.; ZAILIN, G.; XINYU, S.; SAIF, U. **Simulation-based optimisation of logistics distribution system for an assembly line with path constraints**. Journal: International Journal of Production Research, 2014.

de SOUZA, Mauricio C. ; de CARVALHO, Carlos R.V. ; BRIZON, Wellington B. **Packing items to feed assembly lines**. European Journal of Operational Research, 2008.

EMDE, S.; FLIEDNER, M; BOYSEN, N. **Optimally loading tow trains for just-in-time supply of mixed-model assembly lines**. IIE Transactions, 2012.

EMDE, S.; BOYSEN, N. **Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines**. International Journal of Production Economics, 2012.

FACCIO, M. **The impact of production mix variations and models varieties on the parts-feeding policy selection in a JIT assembly system**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014.

FATHI, M.; ALVAREZ, M.; HASSANI MEHRABAN, F.; RODRIGUEZ, V.; SWIERNIAK, A. **A Multiobjective Optimization Algorithm to Solve the Part Feeding Problem in Mixed-Model Assembly Lines**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014.

FATHI, M.; ALVAREZ, M.; RODRIGUEZ, V. **A novel memetic ant colony optimization-based heuristic algorithm for solving the assembly line part feeding problem.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014.

FATHI, M.; ALVAREZ, M.; HASSANI MEHRABAN, F.; RODRIGUEZ, V.; SWIERNIAK, A. **A modified particle swarm optimisation algorithm to solve the part feeding problem at assembly lines.** International Journal of Production Research, 2015.

FETTERMANN, D. C.; SANTOS, I.; TORTORELLA, G. L.; MARODIM, G. A. **Análise da Variedade de Produto na Indústria Automotiva Brasileira.** Revista Ingeniería Industrial-Año 14 N°2: 59-76, 2015.

FINNSGARD, C.; WANSTROM, C. **Factors impacting manual picking on assembly lines: an experiment in the automotive industry.** Journal: International Journal of Production Research , 2012.

FINNSGARD, C.; WANSTROM, C.; MEDBO, L.; NEWMANN, W. **Impact of materials exposure on assembly workstation performance.** International Journal of Production Research, 2011.

GERHARDT, M.; FOGLIATTO, F.; CORTIMIGLIA, M. **Metodologia para o balanceamento de linhas de montagem multi-modelo em ambientes de customização em massa.** Gest. Prod. vol.14 no.2 São Carlos, 2007.

GERWIN, D. **Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective.** *Manage. Sci.*, vol. 39, no. 4, 1993

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** 5ª. Ed. Atlas, São Paulo, 2010.

HANSON, R.; MEDBO, L. **Kitting and time efficiency in manual assembly.** International Journal of Production Research, 2012.

HUA, S.; JOHNSON, D. **Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking.** International Journal of Production Research, 2010.

JOHANSSON, E.; JOHANSSON, M. **The information gap between design engineering and materials supply systems design.** International Journal of Production Research, 2004.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. **A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research.** Informing Science Journal, v.9, p.181-212, 2006.

LIMÈRE, V.; LANDGHEM, H.; GOETSCHALCKX, M.; AGHEZZAF, E.; MCGINNIS, L. **Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking.** Journal: International Journal of Production, 2011.

LOLLI, F.; GAMBERINI, R.; GIBERTI, C.; RIMINI, B.; BONDI, F. **A simulative approach for evaluating alternative feeding scenarios in a kanban system.** International Journal of Production Research, 2015.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 7a. Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2010.

MUSTAPHA, S.; EVREN, S.; PATCHONG, A. **An empirical assessment of the performances of three line feeding modes used in the automotive sector: line stocking vs. kitting vs. Sequencing.** International Journal of Production Research, 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2a. edição, Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

SAATY, T. L. **Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World.** Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 2008

SAATY, T. L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks.** Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 2005

SARKER, B. R.; PAN, H. **Designing a mix-model assembly line to minimize the costs of idle and utility times.** Computers & Industrial Engineering, Los Angeles (EUA), v. 34, n. 3, p. 609-628, 1998.

SATOGLU, S.; SAHIN, I. **Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2013.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção – Do ponto de vista da engenharia de produção.** Ed. Bookman: Porto Alegre, 1996.

SILVA, G. G. M. P.; TUBINO, D. F.; SEIBEL, S. **Linhas de montagem: revisão da literatura e oportunidades para pesquisas futuras.** Production. vol.25 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2015 Epub Mar 11, 2014.

SOARES, Jonas Adriano. **Método de Implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de eletrodomésticos: um estudo de caso.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programade Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Fev 2014.

STERNATZ, J. **The joint line balancing and material supply problem.** International Journal of Production Economics, 2015.

SUMICHRAST, R. T.; OXENRIDER, K. A.; CLAYTON, E. R. **An Evolutionary Algorithm for Sequencing Production on a Paced Assembly Line.** Decision Sciences, 2000.

VIGNA, C.M.; MIYAKE, D.I. **Capacitação das operações internas para a customização em massa: estudos de caso em indústrias brasileiras.** Produto & Produção, vol. 10, n. 3, p. 29 - 44, out. 2009

XIAOBO, Z.; OHNO, K.; NAKADE, K. **An optimal cart moving policy for a flexible manufacturing system.** IIE Transactions, Jan, 2002.

WANSTROM, C., MEDBO, L. **Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking.** Journal: International Journal of Production, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YAMASHINA, H. **Logistics and Customer Service Pillar.** Material de treinamento WCM - FIASA, arquivo ppt, pág 102, Curitiba, 2008.

YIN, R.K. Case study research. Design and methods . 2nd ed. London, Sage Publications, 1994.