

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Rodrigo Gustavo Martins Vieira

**MAPEAMENTO DAS PROVÁVEIS RESTRIÇÕES À APLICAÇÃO DAS
PRÁTICAS DE PRODUÇÃO ENXUTA EM LINHAS DE MONTAGEM
DE AERONAVES (NORMA SAE J4000/J4001)**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

Orientador

Araraquara, SP – Brasil

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

VIEIRA, R. G. M.

Mapeamento das Prováveis Restrições à Aplicação das Práticas de Produção Enxuta em Linhas de Montagem de Aeronaves (Norma SAE J4000/J4001) / Nome completo – Rodrigo Gustavo Martins Vieira

Araraquara: Centro Universitário de Araraquara,
2013.

229f

Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Engenharia de
Produção

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior

1. Produção Enxuta. 2. Grau de Aderência e Práticas *Lean*.

2013

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VIEIRA, R.G.M. **Mapeamento das Prováveis Restrições à Aplicação das Práticas de Produção Enxuta em Linhas de Montagem de Aeronaves (Norma SAE J4000/J4001)**. 2013. 84. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rodrigo Gustavo Martins Vieira

TÍTULO DO TRABALHO: Mapeamento das Prováveis Restrições à Aplicação das Práticas de Produção Enxuta em Linhas de Montagem de Aeronaves (Norma SAE J4000/J4001)

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2013

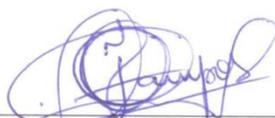
Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.

Rodrigo Gustavo Martins Vieira
Rua Padre Duarte, 1295 - Centro
14801-320 – Araraquara - SP
rodrigo.vieira@embraer.com.br

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:



Prof. Dr. Walther Azzolini Junior
Orientador(a) - UNIARA



Prof. Dr. Fernando Celso Campos
Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP



Prof. Dr. José Luis Garcia Hermosilla
UNIARA - Araraquara

Araraquara, 18 de dezembro de 2013

DEDICATÓRIA

*Este trabalho é dedicado a minha querida mãe Fátima,
ao meu grande pai João e meu irmão Rafa que sempre me
proporcionaram o item essencial para a formação do caráter, a família.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por guiar e iluminar a minha trajetória de vida e agradeço também à minha família que sempre esteve presente em todos os momentos de dificuldades e de felicidades da minha vida.

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, por ter me orientado neste trabalho.

Agradeço à empresa na qual o estudo foi realizado pela possibilidade de desenvolver a pesquisa com os trabalhos em campo e me proporcionar desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha noiva e futura esposa Caísa que me apoiou intensamente nesta fase com seu grande companheirismo e compreensão, e por acreditar no meu potencial mais do que ninguém.

Meus agradecimentos a todos que contribuíram de qualquer forma para que este trabalho fosse concretizado, aos amigos do mestrado e aos funcionários da empresa objeto de estudo pela atenção e prontidão demonstrada nas entrevistas de campo.

Esta dissertação desenvolvida a partir do objeto de estudo Empresa do setor Aeronáutico somente foi possível com a autorização da Diretoria da Empresa e do apoio do Programa Nacional de Pós-Doutorado - **PNPD/2009 Edital MEC/CAPES e MCT/FINEP** de acordo com o escopo do projeto “Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção”, coordenado pelo Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, líder do grupo de pesquisa **TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção** com a participação do recém Dr. Fábio Ferraz Junior.

RESUMO

Esta dissertação de mestrado analisa, dentro dos limites do ambiente do objeto de pesquisa estudado, ou seja, uma unidade de uma empresa de nacionalidade brasileira do setor aeronáutico, as principais restrições à aplicação das práticas de produção enxuta. Com a justificativa de compreender a evolução do *know-how* tecnológico do setor durante as últimas décadas, foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica, como parte da fundamentação teórica da principal questão de pesquisa: há restrições à aplicação das práticas de produção enxuta em empresas do segmento aeronáutico? O estudo da evolução do *know-how* tecnológico do setor contribuiu com a análise das restrições à aplicação das práticas de produção enxuta, a partir da identificação das principais ocorrências de caráter proibitivo ao sucesso do uso das práticas, inibindo o processo de consolidação dos projetos *Lean Manufacturing* no setor aeronáutico. A análise das restrições à aplicação das práticas de produção enxuta foi realizada a partir da medição de um parâmetro definido como grau de aderência destas práticas de manufatura enxuta ao sistema de produção, a partir de quatro contextos: *Just in Time* (JIT), *Total Productive Maintenance* (TPM), *Human Resource Management* (HRM) e *Total Quality Management* (TQM). Como instrumento de avaliação do nível de aderência destas práticas enxutas foi utilizado um instrumento (questionário) para quantificar a aderência de cada prática de manufatura enxuta, dentro do escopo de cada contexto. O instrumento de avaliação foi desenvolvido a partir da contextualização da evolução do *know-how* tecnológico do setor, e estruturado como um instrumento (Questionário) de avaliação do grau de aderência de práticas de manufatura enxuta às empresas do setor aeronáutico. A estruturação do instrumento (questionário) pelo autor do trabalho foi realizada a partir do modelo de medição da eficiência e eficácia das práticas *Lean*, em ambientes de manufatura, da norma SAE J4000 e J4001. Para a realização da pesquisa de campo para medir o grau de aderência foram selecionadas para a entrevista e aplicação do instrumento (questionário) 23 pessoas, uma de cada célula de manufatura da unidade. Ao todo foram analisadas 8 células com diferentes particularidades na linha de montagem, em função do produto acabado montado.

Os resultados obtidos a partir do uso do instrumento (Questionário) foram analisados estatisticamente e correlacionados quanto ao impacto do uso das práticas, de acordo com os contextos, nos resultados de desempenho das células de montagem da unidade da empresa objeto do estudo, obtidos após o uso das práticas com o propósito de medir o grau de aderência das mesmas.

O presente trabalho buscou uma sistematização do processo de adequação da manufatura à filosofia *Lean*, a partir das principais demandas identificadas na execução do projeto *Lean Manufacturing* em função principalmente das restrições identificadas, propondo às empresas candidatas à implantação da filosofia *Lean* a realização de uma fase preliminar de diagnóstico, anterior à decisão da manufatura de se tornar enxuta.

Palavras – Chave: Produção Enxuta, Grau de Aderência e Práticas *Lean*.

ABSTRACT

This dissertation examines, within the limits of the research object studied environment, i.e., a unit of a Brazilian company of nationality of the aircraft industry, the main constraints to the implementation of lean production practices. With the justification of understanding the evolution of technological know-how in the industry during the last decades, an extensive literature search was conducted as part of the theoretical foundation of the main research question: There are restrictions on the application of lean production practices in business segment aircraft? The study of the evolution of technological know-how in the sector contributed to the analysis of restrictions on the application of lean production practices, from the identification of the main occurrences prohibitive character of the successful use of practices, inhibiting the process of consolidation of Lean projects Manufacturing in the aeronautical sector. The analysis of restrictions on the application of lean production practices was conducted from the measurement of a parameter defined as the degree of adherence to these practices lean manufacturing production system, from four contexts: Just in Time (JIT), Total Productive Maintenance (TPM), Human Resource Management (HRM) and Total Quality Management (TQM). As a tool for assessing the level of grip these lean practices an instrument (questionnaire) was used to quantify the adhesion of each practice lean manufacturing within the scope of each context. The evaluation instrument was developed from the context of the evolution of technological know-how in the industry, and structured as an instrument (questionnaire) to assess the level of adherence to lean manufacturing practices to companies in the aeronautical sector. The structuring of the instrument (questionnaire) by the author of the work was done from the measurement of efficiency and effectiveness of Lean practices in manufacturing environments, the SAE J4000 and J4001 model. To perform the search field to measure the degree of adherence were selected for interview and application of the instrument (questionnaire) 23 persons, one from each cell manufacturing unit. In all eight cells with different characteristics were analyzed in the assembly line, depending on the finished product mounted.

The results obtained from the use of the instrument (questionnaire) were statistically analyzed and correlated to the impact of the use of practices, according to the contexts, the results of cell performance mounting unit of the company object of the study, obtained after use practices in order to measure the degree of adherence of the same.

The present study sought a systematization of the process of adaptation of the Lean manufacturing philosophy, from the main demands identified in the implementation of Lean Manufacturing project mainly due to the identified constraints, proposing candidates to companies with implementing Lean philosophy to conduct a preliminary stage diagnosis, prior to manufacture of becoming lean decision.

Keywords: Lean Manufacturing, Degree of Adherence and Lean Practices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção da indústria automobilística japonesa.....	37
Figura 2 – Exportação da indústria automobilística japonesa.....	37
Figura 3 – Principais eventos relacionados à manufatura enxuta	40
Figura 4 – Legenda da Figura 3	41
Figura 5 – Principais publicações relacionadas à manufatura enxuta.....	42
Figura 6 – Legenda da Figura 5	43
Figura 7 – Montagem do <i>Supermarine Spitfire</i>	84
Figura 8 – Linha de produção do b-24 <i>Liberator Bomber</i>	85
Figura 9 – Cadeia de suprimentos do avião <i>Supermarine Spitfire</i>	86
Figura 10 – Curva de aprendizado entre os anos de 1940 e 1941	89
Figura 11 – Montagem da asa – duas linhas de montagem paralelas convergem após a asa exterior ser acoplada no B-24 <i>Liberator</i>	93
Figura 12 – Rebitando a parte inferior da asa B-24 <i>Liberator</i>	93
Figura 13 – <i>Layout</i> da planta de <i>Willow Run</i> em torno de 1944	94
Figura 14 – Jato comercial EMBRAER 190/195.....	113
Figura 15 – Jato executivo Legacy 600.....	114
Figura 16 – Aeronave militar EMBRAER 145.....	115
Figura 17 – Unidades da EMBRAER no mundo	117
Figura 18 – Mapa do fluxo atual assentos.....	120
Figura 19 – Mapa do fluxo futuro assentos.....	121
Figura 20 – Mapa do fluxo atual canopy.....	123
Figura 21 – Mapa do fluxo futuro canopy.....	125
Figura 22 – Mapa do fluxo atual metralhadora	126
Figura 23 – Mapa do fluxo futuro metralhadora	127
Figura 24 – Mapa do fluxo atual subconjunto.....	128

Figura 25 – Mapa do fluxo futuro subconjunto.....	129
Figura 26 – Mapa do fluxo atual preequipagem (1).....	130
Figura 27 – Mapa do fluxo futuro preequipagem (1).....	131
Figura 28 – Mapa do fluxo atual preequipagem (2).....	132
Figura 29 – Mapa do fluxo futuro preequipagem (2).....	133
Figura 30 – Mapa do fluxo atual preequipagem (3).....	134
Figura 31 – Mapa do fluxo futuro preequipagem (3).....	135
Figura 32 – Mapa do fluxo atual preequipagem (4).....	136
Figura 33 – Mapa do fluxo futuro preequipagem (4).....	137
Figura 34 – Mapa do fluxo atual preequipagem 2 (1).....	138
Figura 35 – Mapa do fluxo futuro preequipagem 2 (1).....	139
Figura 36 – Mapa do fluxo atual preequipagem 2 (2).....	140
Figura 37 – Mapa do fluxo futuro preequipagem 2 (2).....	141
Figura 38 – Mapa do fluxo atual preequipagem 2 (3).....	142
Figura 39 – Mapa do fluxo futuro preequipagem 2 (3).....	143
Figura 40 – Mapa do fluxo atual preequipagem 2 (4).....	144
Figura 41 – Mapa do fluxo futuro preequipagem 2 (4).....	145
Figura 42 – Mapa do fluxo atual sistema arrasto	146
Figura 43 – Mapa do fluxo futuro sistema arrasto	147
Figura 44 – Mapa do fluxo atual hélice.....	148
Figura 45 – Mapa do fluxo futuro hélice.....	149
Figura 46 – Mapa do fluxo atual montagem estrutural	150
Figura 47 – Mapa do fluxo futuro montagem estrutural	151
Figura 48 – Mapa do fluxo atual material composto	152
Figura 49 – Mapa do fluxo futuro material composto	153
Figura 50 – Mapa do fluxo atual selagem	154

Figura 51 – Mapa do fluxo futuro selagem	155
Figura 52 – Mapa do fluxo atual sistema motopropulsor – leme.....	156
Figura 53 – Mapa do fluxo futuro sistema motopropulsor – leme.....	157
Figura 54 – Mapa do fluxo atual sistema motopropulsor – motor	158
Figura 55 – Mapa do fluxo futuro sistema motopropulsor - motor.....	159
Figura 56 – Fluxograma da metodologia de trabalho	160
Figura 57 – Fluxograma das atividades área 1	162
Figura 58 - Gráfico do grau de adesão dos contextos Lean na área 1	163
Figura 59 - Gráfico do grau de adesão das práticas de produção enxuta na área 1.....	167
Figura 60 - Gráfico de adesão das práticas PE nas células da área 1	168
Figura 61 – Fluxograma das atividades área 2	168
Figura 62 - Gráfico do grau de adesão dos contextos Lean na área 2.....	170
Figura 63 - Gráfico do grau de adesão das práticas de produção enxuta na área 2.....	172
Figura 64 – Fluxograma das atividades área 3	173
Figura 65 - Gráfico do grau de adesão dos contextos Lean na área 3.....	174
Figura 66 - Gráfico do grau de adesão das práticas de produção enxuta na área 3.....	177
Figura 67 – Fluxograma das atividades área 4.....	178
Figura 68 - Gráfico do grau de adesão dos contextos Lean na área 4.....	180
Figura 69 - Gráfico do grau de adesão das práticas de PE na área 3	183
Figura 70 - Gráfico de adesão das práticas pe nas células da área 4.....	184
Figura 71 – Fluxograma das atividades área 5	185
Figura 72 - Gráfico do grau de adesão dos contextos Lean na área 5.....	186
Figura 73 - Gráfico do grau de adesão das práticas de produção enxuta na área 5.....	189
Figura 74 - Gráfico de adesão das práticas PE nas células da área 5.....	189
Figura 75– Fluxograma das atividades área 6	190
Figura 76 - Gráfico do grau de adesão dos contextos Lean na área 6.....	191

Figura 77 - Gráfico do grau de adesão das práticas de produção enxuta na área 3.....	194
Figura 78 – Modelo proposto	206
Figura 79 – Definir o problema: dimensão tecnologia ou dimensão organizacional.....	209
Figura 80 – Medir.....	212
Figura 81 – Analisar	213
Figura 82 – Melhoria.....	214
Figura 83 – Controlar	215

Lista de Quadros e Tabelas

Tabela 1 – Práticas <i>Lean Manufacturing</i>	49
Tabela 2 – Práticas de organização do trabalho (<i>Work Organization in Lean Production</i>)	50
Tabela 3 – Plantas das montadoras japonesas na América do Norte na década de 1990.....	70
Tabela 4 – Representação dos elementos contidos na norma SAE J4000 e seus relativos pesos	76
Tabela 5 – Escala de medição do nível de satisfação em comparação com as melhores práticas	76
Tabela 6 – Os dados de produção de aviões da segunda guerra mundial	88
Tabela 7- Matriz de percentual de respostas do questionário por área analisada.....	119
Tabela 8 - Tabela de percentual de respostas do questionário por área analisada	161
Tabela 9 – Tabela de percentual de adesão das práticas enxutas por áreas.....	199

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APG – Atividades de Pequenos Grupos
CCQ – Círculo de Controle da Qualidade
CT – *Cycle Time*
CZDQ – Controle de Qualidade Zero Defeitos
EMB – EMBRAER
EPI – Equipamento de Proteção Individual
ERJ – E-Jets Regional
FAB – Força Aérea Brasileira
GTQ – Gestão Total da Qualidade
HRM – *Human Resource Management*
ISO – *International Organization Standardization*
JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*
JIT – *Just in Time*
JK – *Jishu Kanri*
LT – *Lead Time*
MIT – Massachusetts Institute of Technology
NASA – National Aeronautics and Space Administration
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
NVAT – *Non Value Added Time*
OEE – *Overall Equipment Effectiveness*
PCE – *Process Cycle Efficiency*
PE – Produção Enxuta
POP – Procedimento Operacional Padronizado
RH – Recursos Humanos
SMED – *Single Minute Exchange of Die*
STP – Sistema Toyota de Produção
TPM – *Total Productive Maintenance*
TPS – *Toyota Production System*
TQM – *Total Quality Management*
TRF – Troca Rápida de Ferramenta
VAT – *Value Added Time*
VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Process*

ZD – Zero Defeito

SUMÁRIO

Contextualização do trabalho	21
1 Introdução.....	21
1.1 Ascensão do modelo de gestão da produção da Toyota	21
1.2 Percepção do novo padrão de competitividade no ocidente	23
1.3 Formulação do problema de Pesquisa.....	27
Questões de Pesquisa	28
1.4 Objetivo geral.....	29
1.5 Objetivos específicos.....	29
1.6 Justificativas da pesquisa	30
1.7 Metodologia de Pesquisa (caracterização da pesquisa e procedimentos operacionais)	30
1.7.1 Método de coleta de dados (operacionalização da pesquisa).....	31
1.7.2 Relatos da aplicação do método	33
1.7.3 Levantamento das áreas para aplicação do questionário.....	33
1.7.4 Seleção dos profissionais para resposta do questionário.....	34
1.7.5 Acompanhamento aos funcionários selecionados.....	34
1.8 Estrutura do trabalho	34
2. Revisão bibliográfica.....	35
2.1 Evolução histórica da produção enxuta (PE)	35
2.1.1 Introdução.....	35
2.1.2 Sistema Toyota de produção	37
2.1.3 Produção enxuta e organização do trabalho	48
2.2 Caracterização da produção enxuta (PE)	58
2.3 Contextos do sistema <i>Lean manufacturing</i>	61
2.4 Fatores que apoiam as práticas de PE no aumento do desempenho.....	70

2.5 Análise crítica da manufatura enxuta	71
2.6 Fundamentação Teórica do Escopo das Normas SAE J4000/J4001	78
3. Evolução histórica do setor aeronáutico.....	88
3.1. Montagem dos aviões Supermarine Spitfire	89
3.2. Montagem dos aviões B-24 Liberator Bomber	95
3.3. Modularização das aeronaves a partir da década de 1990	99
3.3.1 Introdução.....	99
3.3.2 Dimensão tecnológica	101
3.3.3 Dimensão organizacional	109
3.4 Setor aeronáutico – mundo contemporâneo	114
3.4.1 Empresa objeto de estudo.....	115
3.4.2 Origem e evolução da empresa	115
3.4.3 Negócios e valores empresariais	116
3.4.4 A missão da EMBRAER.....	116
3.4.5 Produtos EMBRAER	116
3.4.6 Jatos regionais (comerciais)	117
3.4.7 Jatos executivos.....	118
3.4.8 Aviação de segurança e defesa.....	118
3.4.9 Representatividade da EMBRAER no setor aeronáutico mundial.....	119
4. Definição do plano de abordagem para o tema da pesquisa	122
5. Resultados	165
5.1 Resultados da área 1 – montagem estrutural.....	165
5.2 Resultados da área 2 – manufatura de móveis	172
5.3 Resultados da área 3 – pintura de aeronaves.....	177

5.4 Resultados da área 4 – montagem de aeronaves executivas	181
5.5 Resultados da área 5 – montagem e modernização de aeronaves militares	189
5.6 Resultados da área 6 – Ensaio em voo	190
6. Análise dos Resultados.....	199
7. Conclusão.....	201
8 Gestão do conhecimento na indústria aeronáutica a partir das hipóteses de Forza (1996) e do autor do presente trabalho	203
8.1 Contextualização	203
8.2 Conjecturas da gestão do conhecimento do setor aeronáutico	204
8.3 Metodologia DMAIC	208
Referências Bibliográficas	216
Apêndice A: questionário coleta de dados	223
Apêndice B: Análise estatística dos contextos <i>Lean</i>	228

CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

1 Introdução

1.1 Ascensão do modelo de gestão da produção da Toyota

As inovações tecnológicas que surgiram nas últimas décadas com ênfase nos processos de fabricação industrial e nos projetos dos produtos fabricados por eles, devido ao aprimoramento da eletrônica e da ciência dos materiais, impulsionaram a dinâmica atual da necessidade de melhorar constantemente o modo como as operações no chão de fábrica são executadas. Em consequência, ferramentas, metodologias e técnicas de uso específico da área de Gestão da Produção se mantiveram em constante transformação, na busca de níveis de desempenho cada vez mais audaciosos.

De acordo com a abordagem de Blalock (2014) podemos considerar que tal transformação, entre outros fatores, contribuiu para um aumento surpreendente do nível de competitividade mundial entre as indústrias dos mais diferentes sistemas de transformação fabril, de modo que essas empresas passaram a aprimorar seus processos produtivos na busca incessante de formas de produção mais econômicas, eficientes e eficazes com foco na satisfação do cliente. Esta constatação, evidenciada por Blalock (2014), apoia a conclusão de que, ao mesmo tempo em que a tecnologia evoluiu, conceitos e paradigmas inerentes à Gestão da Produção também evoluíram, não somente como resultado da inovação tecnológica, mas também fortemente influenciados por novos modos de gestão da produção concebidos e testados ao longo do tempo.

O sistema Toyota de produção é um exemplo desses novos modos de gestão da manufatura que passou a ser conhecido mundialmente, em grande parte, pelos resultados de desempenho alcançados da operação no chão de fábrica. Tais resultados, atingidos gradualmente a partir da década de 1940 podem ser considerados uma consequência da aplicação dos princípios do sistema de produção *Just Time* que entre as décadas de 1970 e 1990 se consolidou como uma nova sistemática de se administrar a fábrica que posteriormente, após essas décadas passou a ser definido como manufatura enxuta e manufatura *Lean Production*. WOMACK; JONES; ROOS (1992).

Cronologicamente a origem do termo *Just in Time*, consolidada anos mais tarde, coincide com o término da Segunda Grande Guerra Mundial em meados de 1945, ou seja, um intervalo de tempo de mais de 40 anos até a década de 1990.

Na década de 1940 o Japão encontrava-se em completa destruição e a sua economia sem estrutura para alavancar o país em profunda crise econômica e financeira. WOMACK; JONES; ROOS (1992).

Nesse período, no âmbito do ambiente industrial da montadora de automóvel Toyota, se deu o início de um trabalho de identificação e eliminação de desperdícios relacionados ao processo produtivo, devido também à escassez dos recursos e insumos de manufatura no Japão. Na realidade foi o início da concepção de um novo sistema de produção com alto nível de padronização e sistematização dos processos produtivos (OHNO, 1997).

Os primeiros passos para a concepção do Sistema Toyota de Produção (STP) impactaram na forma da montadora Toyota produzir mudando inicialmente a sua própria cultura organizacional quanto a perseverança na busca de procurar manter o padrão de volume de produtos produzidos balanceado com o nível de consumo do mercado japonês, na época com elevada restrição de demanda devido à crise (OHNO, 1997). Essa condição presente à época permitiu implantar o conceito de balanceamento entre consumo e produção a fim de se evitar estoque em excesso e desperdício de recursos materiais e de fabricação limitados, uma mudança radical de paradigma quando comparado com o modelo Taylorista Fordista.

Tal mudança foi aprimorada ao longo das décadas seguintes do pós-guerra, de modo que em meados da década de 1970 o Sistema Toyota de Produção (STP), quando comparado com base nos seus resultados operacionais com os resultados operacionais das empresas ocidentais, acabou por demonstrar que a sua filosofia de gestão da produção era diferenciada para a época, principalmente em função do cenário mundial vivenciado pelas indústrias do setor automobilístico. Essa constatação tornou-se cada vez mais evidente durante a crise do petróleo em 1973, momento em que várias empresas do mesmo segmento vieram à falência ou passaram por grandes dificuldades financeiras, enquanto a Toyota crescia em meio à crise do petróleo (OHNO, 1997). Com o passar do tempo, o modelo de produção japonês acabou por fazer jus ao ser definido como Produção Enxuta (PE) e, a partir da pesquisa desenvolvida por Womack, Jones e Roos na década de 1980, patrocinados pelo *Massachusetts Institute of Technology*, o ocidente passou a ficar mais atento aos princípios desse novo modelo de gestão industrial.

Como consequência houve um aumento do padrão de produtividade mundial, principalmente do setor automotivo, impondo para as linhas de montagem um limite superior máximo acima do que vinha sendo praticado por unidade produzida até então, o que dificultou a compreensão das empresas ocidentais de como tais resultados eram possíveis, uma vez que jamais tal desempenho havia sido alcançado no ocidente até a década de 1970.

Como consequência, a perda de mercado das indústrias americanas do setor automotivo acabou por demonstrar a necessidade de se investigar o modo como as empresas japonesas operavam. O tópico seguinte aborda a mudança de visão do mercado mundial a partir dessa constatação, fortemente influenciada pela pesquisa de Womack e seu grupo.

1.2 Percepção do novo padrão de competitividade no ocidente

A contrapartida do ambiente industrial ocidental para se alcançar o sucesso na busca de um nível de desempenho superior ou equivalente ao concorrente japonês, passou a ser a superação do desafio do chão de fábrica de se tornar capaz de promover uma mudança de cultura organizacional significativa, com base nos princípios do novo sistema. Nesse caso, a maior preocupação dos gestores passou a ser o fato de que, quando não superado tal desafio o resultado naturalmente inferior poderia levar a um iminente fracasso em função do risco da execução das operações do sistema de produção não atender ao padrão de competitividade mundial imposto pelo novo sistema, comprometendo a sobrevivência da organização.

Nesse caso, levou-se algum tempo para o entendimento da nova filosofia de trabalho em sua plenitude, considerando o fato de que a base do Sistema Toyota de Produção está fundamentada não somente em uma abordagem puramente técnica do controle do fluxo produtivo, mas também da compreensão de que a proposta se tornou inovadora justamente por requerer fundamentalmente que ocorra a disseminação dos seus princípios de trabalho junto aos colaboradores de modo claro e objetivo, inculcando a necessidade do comprometimento e da busca incessante da perfeição com base em uma mudança significativa do modo de ver e operar a fábrica: com simplicidade e descentralização do poder de decisão com responsabilidade.

Trata-se do modo de ver a vida, a obrigação vem antes dos direitos e a empresa é um sistema composto por elementos ou recursos que sustentam os seus resultados, o resultado da corporação é reflexo do resultado individual de cada um dos seus pares que somados representam um único vetor direcionado ao alcance dos objetivos e metas corporativas, e não por departamento.

Com exceções, evidentemente, o desequilíbrio de forças entre empresas e sindicatos no auge da crise do petróleo em 1973, influenciado também pelo movimento sindical de décadas anteriores, sempre contribuiu para que sérias dificuldades surgissem ao se tentar implantar adequações dos processos produtivos nas indústrias ocidentais na busca da produtividade.

Conforme Womack; Jones; Roos (1992) a produção enxuta passou a ser definida como um novo sistema de organização industrial focado na eliminação de desperdícios e melhoria da qualidade dos produtos entregues para o cliente final em função dos seus resultados operacionais em termos de rentabilidade, sendo que este sistema consolidou as bases do Sistema Toyota de Produção (STP) e proporcionou produtos cada vez melhores do ponto de vista da funcionalidade e do custo de aquisição.

Esse fato conduziu o ocidente a um questionamento no mundo acadêmico e industrial de modo que atualmente não existe um consenso na literatura a respeito do impacto nas indústrias ocidentais do uso das práticas e princípios do modelo japonês, principalmente quando os autores se depararam com o choque de cultura local e organizacional das empresas. SHAH e WARD (2003)

Porém, há diversos trabalhos publicados com o propósito de fundamentar uma estrutura teórica para explicar os casos de fracasso da implantação do sistema de produção enxuta no ocidente, a fim de estabelecer um cenário mais realista das dificuldades da transformação de um ambiente de produção tradicional ou em massa em uma produção *Lean Manufacturing*, relacionando os fatores diretamente dependentes da cultura local, organizacional e do nível de qualificação da mão de obra com o propósito de facilitar a descentralização do poder como um dos princípios da manufatura enxuta. (LIKER, 2004; KOSKELA, 2000; WOMACK; JONES, 1998).

De acordo com Godinho Filho e Fernandes (2004) o sistema de produção enxuta é constituído por um conjunto de princípios e pessoas treinadas em práticas de produção *Lean* que trabalham com ênfase no desempenho da equipe e não no desempenho individual, visando eliminar desperdícios nos processos produtivos de modo sistêmico, o que é influenciado fortemente pelo ambiente.

Segundo Womack *and* Jones (1998) as propostas dos princípios da produção enxuta são bem conhecidas no meio acadêmico e profissional, sendo que os princípios, em linhas gerais, são:

- 1) Definir valor,
- 2) Definir a cadeia de valor,
- 3) Trabalho em fluxo,
- 4) Produção puxada, e
- 5) Busca pela perfeição.

Segundo os autores o problema é a forma como se compreende a condução do processo de transformação de modo a romper paradigmas do modelo Fordista-Taylorista impregnado na cultura organizacional do ocidente na maioria dos casos.

A avaliação dos resultados alcançados na operação de um sistema de produção enxuta (SPE), como consequência da transformação de um sistema tradicional no ocidente, é encontrada na literatura na forma de pesquisas realizadas por meio de processos distintos de medição de desempenho a partir das melhorias operacionais alcançadas ou de algum indicador específico de desempenho do sistema de produção como, por exemplo, nível de estoque em processo (*Work in Process*), tempo de fluxo de produção entre outros a partir da concepção do projeto e operação de um determinado sistema de produção, de acordo com as práticas de gestão do *Lean Manufacturing*. Como consequência pouco se avalia quanto ao impacto da cultura organizacional, fortemente dependente da cultura local e do modo de conduzir a operação dos líderes da empresa.

Com o propósito de mensurar o sucesso de uma implantação do *Lean Manufacturing* e identificar as prováveis restrições na execução, Shah e Ward (2003) realizaram uma pesquisa em 1.757 empresas com ênfase em diagnosticar o nível de sucesso da implantação destas práticas da Produção Enxuta (22 práticas) em indústrias de diversos ramos, levando em consideração:

- 1) O tamanho da planta,
- 2) A idade da planta,
- 3) A sindicalização dos funcionários, e
- 4) A melhoria no desempenho operacional das plantas.

Do mesmo modo, Fullerton e McWatters (2001) e White, Person e Wilson (1999) realizaram trabalhos com a finalidade de verificar o nível de implementação das práticas da Produção Enxuta e os benefícios alcançados.

Dentre os trabalhos citados e outros encontrados na literatura fica evidente que o desdobramento é sempre uma análise relacionada aos quatro contextos do *Lean Manufacturing* definidos na literatura:

- _ *Just in Time* (JIT),
- _ *Total Productive Maintenance* (TPM),
- _ *Human Resource Management* (HRM); e
- _ *Total Quality Management* (TQM) a partir das práticas de gestão da produção que compõe cada grupo.

Nesse caso para cada contexto pode ser observado:

- 1) Métodos,
- 2) Técnicas, e
- 3) Ferramentas capazes de diagnosticar e adequar processos de fabricação ao *modus operandi* do *Lean Manufacturing*, independente da complexidade do sistema de produção.

De acordo com os autores: White, Person e Wilson (1999); Fullerton e McWatters (2001); Shah e Ward (2003) e; Satolo e Calarge (2007) é importante lembrar que qualquer adequação no ambiente de manufatura requer muito mais dos profissionais envolvidos do que simplesmente ler a respeito ou conhecer exemplos de aplicação no contexto das práticas *Lean Manufacturing*, ou seja, o conhecimento técnico em conjunto com o comprometimento requer:

1. Nível mínimo de maturidade da indústria quanto ao conhecimento do modelo de gestão existente e as principais restrições a serem vencidas, incluindo dados e informações do fluxo de materiais e de informações atual;
2. Visão clara da cultura organizacional quanto ao *modus operandi* do negócio e da cultura local com relação à comunidade da região em que a indústria encontra-se instalada, devendo ser levado em consideração crenças e valores da população local;
3. Da qualificação da mão de obra nos diferentes níveis: operação, supervisão, gerência e direção, de acordo com as habilidades e competências que cada nível organizacional contempla quanto ao projeto e operação do sistema de produção atual da empresa. A melhoria desejada por meio da implantação dos princípios do *Lean Manufacturing* deve estar alinhada com o escopo das atividades a serem executadas, o que deve permitir o *upgrade* desejado;
4. Do conhecimento adquirido por experiência profissional (*know-how*) ao longo da existência da indústria e treinamento das técnicas, métodos e ferramentas do *Lean Manufacturing* para os profissionais envolvidos, assim como saber qual delas aplicar e por onde começar;
5. Definir metas e cronograma de acompanhamento durante e posterior ao projeto de adequação, de acordo com o *Lean Manufacturing*;
6. Definir parâmetros de comparação do antes e depois ao longo do processo de adequação, e posteriormente na manutenção do sistema, assim como os indicadores de desempenho e o sistema de medição desses indicadores a partir de gráficos visuais disponíveis por toda a fábrica;
7. Avaliar os desvios, as causas e correções ou intervenções de acordo com o acompanhamento do projeto de adequação *Lean Manufacturing*.

O maior problema a ser enfrentado, contudo, é a complexidade dos sistemas de produção quanto à ampla variedade de produtos que as indústrias passaram a produzir nos últimos anos, reflexo do cenário contemporâneo que se traduz em um aumento significativo da concorrência e redução do ciclo de vida dos produtos em nível mundial.

Esse cenário implica na necessidade de um fluxo de materiais e de informações bem definido e ágil a ponto de responder às necessidades do mercado em um período de tempo muito menor do que o praticado até a última década, o que depende da agilidade do sistema de manufatura.

De acordo com este cenário é necessário um diagnóstico para identificar pontos frágeis da mão de obra operacional, de supervisão, gerência e direção da indústria. Isto se faz necessário para que aconteça um nivelamento do conhecimento das operações industriais.

Nessa fase o processo de aprendizado quanto ao uso adequado das técnicas, métodos e ferramentas *Lean Manufacturing*, a partir dos quatro contextos descritos, é fundamental.

A proposta deste trabalho é identificar as principais restrições de um projeto *Lean Manufacturing* quanto ao alcance dos resultados esperados, tendo como referência uma indústria com excelente nível de conhecimento técnico de processo e de produto.

1.3 Formulação do Problema de Pesquisa

Toda pesquisa se origina de algum problema ou alguma indagação. No caso da pesquisa científica, um problema de pesquisa significa uma questão ainda não resolvida e que seja objeto de domínio de conhecimento ou de discussão (GIL, 2002).

A análise do nível de aderência de práticas de produção enxuta em empresas no Brasil é algo muito pouco explorado pelos pesquisadores acadêmicos brasileiros.

Neste sentido o autor desta dissertação busca contribuir com base na literatura e a partir da aplicação de uma metodologia fundamentada na norma SAE J4000/J4001 com o direcionamento do processo de medição dos resultados de um processo de implantação do *Lean Manufacturing*, em uma empresa do setor aeronáutico.

Nesse caso a metodologia é adequada para medir o nível de aderência das práticas de produção enxuta, a princípio em uma indústria do setor aeronáutico, podendo ser aplicada em outras indústrias de acordo com a sua abrangência, além de uma proposta a ser desenvolvida para a elaboração do plano de ação de um caso específico, a ser aplicado na concepção do projeto de implantação do *Lean Manufacturing*.

Questões de Pesquisa

Entre as principais causas de desempenho abaixo do esperado pelas organizações, há uma série de abordagens na literatura enfatizando questões relacionadas à influência do ambiente externo e interno das corporações sem demonstrar por onde começar e como minimizar o risco de insucesso, de acordo com Shah e Ward (2003).

Com base nessa abordagem as questões de pesquisa enumeradas a seguir serviram de motivação para o projeto de pesquisa da presente dissertação, de acordo com o exposto.

Questão Geral de Pesquisa: há restrições à aplicação das práticas de Produção Enxuta na indústria aeronáutica em função da tecnologia inerente ao processo de fabricação e montagem?

Questões Específicas de Pesquisa

Questão 1 - Qual o nível de aderência de práticas *Lean* em uma empresa brasileira do setor aeronáutico e de que forma estas práticas foram implantadas?

Questão 2 – Qual o nível de aderência dos contextos *Lean* (JIT, HRM, TQM e TPM) em uma empresa brasileira do setor aeronáutico e de que forma estas práticas foram implantadas?

White, Person e Wilson (1999), Fullerton e McWatters (2001) e Shah e Ward (2003) desenvolveram trabalhos com o objetivo de identificar os fatores de insucesso de projetos *Lean Manufacturing* em diferentes tipos de indústrias do mundo. Esses trabalhos não demonstram pontualmente problemas específicos dos projetos de implantação e apontam fatores mais gerais relacionados à sindicalização, tempo de existência da planta industrial, faixa etária dos colaboradores e outros fatores.

As questões de pesquisa como mencionado anteriormente relacionadas à operacionalidade do projeto estão diretamente relacionadas à qualificação da mão de obra e perfil de liderança, tema pouco abordado e com pouca discussão, principalmente quando se trata de empresas nacionais. Nesse caso o percentual de aderência é para avaliar pontualmente a influência da mão de obra nesse contexto, assim como o perfil de liderança de modo a propor uma sistemática de implantação do *Lean Manufacturing* a partir do diagnóstico, considerando as principais restrições e as respectivas causas encontradas no desenvolvimento de projetos *Lean Manufacturing* abordado no presente trabalho e validadas quantitativamente para o caso específico estudado.

1.4 Objetivo Geral

O objetivo geral é avaliar as restrições da aplicação das práticas enxutas a partir do nível de aderência das práticas do sistema de produção enxuta (SPE) em uma das unidades da empresa objeto do estudo dentro dos contextos JIT, HRM, TQM e TPM, abordados no trabalho.

Contudo, foi mensurado o grau de aderência das práticas da Produção Enxuta na empresa e na sequência apresentado a discussão dos pontos fracos apontados pela mensuração.

1.5 Objetivos Específicos

- Detectar pontos críticos caracterizados como restrição à aplicação de práticas enxutas com relação à implantação da filosofia *Lean Manufacturing* na unidade da empresa em estudo.
- Identificar o grau de aderência das práticas da PE a partir da aplicação de um instrumento (**Questionário – Apêndice A**) construído para esse fim a partir da literatura e fundamentado nas normas SAE J4000 e SAE J4001, e analisar quantitativamente os resultados com base no tratamento dos dados obtidos estatisticamente.
- Utilizar as práticas de PE que apresentarem um nível de adesão satisfatório como referência para outros setores da empresa em estudo, ou seja, como lição aprendida.
- Avaliar o avanço do programa de melhoria contínua da empresa objeto de estudo nesta unidade em específico.
- Propor melhorias no sistema *Lean* da empresa a partir do uso de um modelo sistematizado de elaboração do plano de ação a ser definido na concepção de um projeto *Lean*, a partir do **DMAIC e das normas SAE J4000 e SAE J4001**.
- O conhecimento desenvolvido na pesquisa deve ser disponibilizado para a própria empresa para que auxilie no programa de melhoria contínua da organização de uma forma geral. A pesquisa também tem o intuito de ser utilizada como forma de lições aprendidas que será divulgado pela empresa por meio do seu *site* interno, sendo que as falhas ou pontos de impactos na implantação das práticas de produção enxuta sejam corrigidos, e não voltem a ocorrer em outras áreas da empresa objeto de estudo.

1.6 Justificativas da Pesquisa

Segundo Shah e Ward (2003) a implantação do conjunto de práticas PE tende a ser benéfica para as empresas que se propõe a passar por este processo, obtendo ganho de produtividade e qualidade de vida dos colaboradores.

Porém, este conjunto de práticas tem que ser avaliado de forma a verificar o nível de adesão destas práticas nas empresas que se candidatam a implantação das mesmas, assim como a maturidade dos colaboradores e a cultura organizacional com relação a se ter a percepção se a empresa encontra-se preparada para assimilar os princípios da filosofia do *Lean Manufacturing*.

Na literatura consultada não foi encontrado nenhum trabalho com a análise do nível de aderência das práticas do *Lean Manufacturing* em empresas do segmento aeronáutico, no Brasil e no exterior, o que motivou a elaboração de uma metodologia de verificação a partir de uma norma desenvolvida especificamente pela SAE.

É neste contexto que o presente trabalho se justifica, ou seja, a partir da proposta de uma metodologia de medição de desempenho contribuir para o processo de mensuração dos resultados alcançados, considerando o impacto da implantação de um projeto *Lean Manufacturing* com o propósito de demonstrar qual o nível de adesão das práticas de PE em uma empresa do segmento aeronáutico no Brasil, com base nos quatro contextos destacados na literatura: JIT, HRM, TQM e o TPM.

1.7 Metodologia de Pesquisa (caracterização da pesquisa e procedimentos operacionais)

Todo projeto de pesquisa deve ser desenvolvido com rigor metodológico para que se caracterize como uma pesquisa, sendo que desta maneira se faz necessário a definição de métodos e técnicas para coleta dos dados e um planejamento da pesquisa (GIL, 2002).

Nas áreas relacionadas à Engenharia de Produção a grande maioria dos projetos de pesquisa pode ser classificada como estudo de caso. Para YIN (2005) o estudo de caso contribui em muitas situações para o conhecimento de fenômenos individuais, sociais, organizacionais, políticos e de grupos, além de contribuir para o entendimento de outros fenômenos.

A aplicação do estudo de caso em certos fenômenos ocorre quando o grau de intervenção do pesquisador é reduzido e ele não pode manipular os comportamentos relevantes do objeto de estudo (YIN, 2005).

Segundo Miguel (2007), o estudo de caso é uma abordagem metodológica que deve atender à questão da pesquisa de forma a proporcionar um caminho para respondê-la.

O presente trabalho buscou identificar as restrições e causas relacionadas ao insucesso de projetos *Lean Manufacturing* a partir de uma empresa do setor aeronáutico como objeto de estudo de modo a avaliar o grau de aderência das práticas enxutas adotadas.

Desse modo, metodologicamente trata-se de um estudo de caso em uma empresa do segmento aeronáutico, na qual foi avaliado o total de seis áreas sendo: montagem estrutural, manufatura de móveis, montagem final de aeronaves, pintura de aeronaves, revitalização e montagem de aeronaves militares.

As áreas para a realização do estudo de caso foram definidas de forma que a pesquisa abrangesse um raio de atuação em toda a unidade e conseqüentemente todas as tecnologias que a empresa contempla, sendo que desta maneira foi possível verificar o grau de adesão das práticas de manufatura enxuta de forma precisa e total, da unidade ou objeto de pesquisa.

As diferentes áreas da unidade da empresa contemplam as seguintes tecnologias: montagem estrutural, manufatura de móveis para interiores, montagem intermediária, pintura, montagem final e ensaios das aeronaves.

1.7.1 Método de coleta de dados (Operacionalização da Pesquisa)

O propósito do questionário aplicado na empresa objeto de estudo foi o de identificar o grau de adesão das práticas de PE a partir do uso de métodos e ferramentas específicas nas áreas da empresa em estudo.

As questões foram elaboradas a partir dos modelos encontrados na literatura de Saurin e Ferreira (2006) e SHAH e WARD (2003) e aplicadas aos profissionais de cada área que atuam em células específicas dentro das áreas.

O critério de seleção desses profissionais foi à experiência na execução das atividades das células, conhecimento em práticas de manufatura enxuta e a gestão das melhorias inerentes ao processo, avaliando as ocorrências de pontos críticos ao sistema a partir do uso das ferramentas específicas mencionadas.

O método utilizado para a coleta de dados sobre o grau de adesão das práticas de PE na empresa objeto de estudo foi por meio de questionário com perguntas pertinentes ao propósito da pesquisa nos seguintes contextos: JIT, TPM, HRM e TQM.

Para o preenchimento do questionário por parte dos funcionários selecionados foi estabelecida uma escala de grau de importância que vai de 1 até 5.

Esta escala foi ponderada de maneira que 1 representa 20% (Muito Fraco) de concordância, 2 representa 40% (Fraco) de concordância, 3 representa 60% (Regular) de concordância, 4 representa 80% (Forte) de concordância e 5 representa 100% (Muito Forte) de concordância com o item questionado para cada célula de manufatura analisada.

O questionário aborda quatro contextos do sistema de produção enxuta como exposto: 1 – JIT, 2 - HRM, 3 - TQM e 4 – TPM.

Os contextos citados foram subdivididos para a elaboração das perguntas e conseqüentemente para a consolidação da formatação do questionário.

Para o contexto do JIT a subdivisão foi realizada por tópicos:

- 1-Produção Puxada e Fluxo Contínuo
- 2-Integração da Cadeia de Fornecedores
- 3-Operações Padronizadas
- 4-Nivelamento da Produção
- 5-Balanceamento da Produção
- 6-Troca Rápida de Ferramenta (TRF)
- 7-Gerenciamento Visual
- 8-Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM).

No caso do contexto HRM a subdivisão foi realizada conforme:

- 9-Flexibilização de Mão de Obra.

No contexto TQM a subdivisão foi elaborada da seguinte maneira:

- 10-Controle da Qualidade Zero Defeitos (CZDQ)
- 11-Melhoria Contínua

Já no contexto TPM a subdivisão foi realizada da seguinte maneira:

- 12-Manutenção Produtiva Total (em geral)

Desta forma o questionário para a verificação do nível de implantação do sistema de PE foi formatado e aplicado para as células de manufatura da empresa objeto de estudo.

1.7.2 Relatos da Aplicação do Método

O método proposto para estudar o nível de implantação do sistema de PE a partir do uso de ferramentas e métodos específicos foi elaborado em quatro etapas:

1. Levantamento das áreas para aplicação do questionário
2. Seleção dos profissionais para responder o questionário
3. Acompanhamento aos funcionários selecionados.
4. Análise dos dados coletados.

1.7.3 Levantamento das Áreas para Aplicação do Questionário

O levantamento das áreas para a aplicação do questionário foi realizado de maneira que se abordasse o maior número de células de manufatura possíveis da unidade da empresa estudada.

A unidade da empresa estudada foi dividida em áreas de acordo com cada tipo de tecnologia que a mesmas trabalha, sendo que após está divisão todas as células de manufatura localizada nas áreas determinadas foram selecionadas para a aplicação do questionário.

A unidade em estudo foi dividida em 6 áreas para a aplicação do questionário e coleta de dados. Nestas áreas estão localizadas 22 células de manufatura, que trabalham com tecnologias diversas.

A área 1 é constituída por oito células de manufatura que trabalham com tecnologia de montagem estrutural, a área 2 contempla duas células que trabalha com a tecnologia de manufatura de móveis para interiores, a área 3 é formada por apenas uma célula e trabalha com a tecnologia de pintura, já a área 4 é constituída por 4 células de manufatura e atua com tecnologia de montagem final, a área 5 é formada por cinco células de manufatura, e trabalha com tecnologia de montagem final para o segmento de defesa, e por último a área 6 que é composta por duas células e trabalham com tecnologia de ensaio de protótipo em vôo de aeronaves.

1.7.4 Seleção dos Profissionais para Resposta do Questionário

O critério de seleção desses profissionais foi à experiência na execução das atividades das células, conhecimento das práticas de produção enxuta e a gestão das mesmas avaliando as ocorrências de pontos críticos ao sistema a partir do uso das ferramentas específicas mencionadas.

Os profissionais escolhidos foram os agentes de mudança de cada célula de manufatura. Este profissional possui um conhecimento sobre processos da célula, ferramentas de melhoria contínua, identificação de oportunidades de melhoria e análise crítica de problemas crônicos que cada célula de manufatura estudada possui e de que forma os mesmos podem ser solucionados.

1.7.5 Acompanhamento aos Funcionários Selecionados

Para a resposta dos questionários os funcionários selecionados foram acompanhados e orientados quanto às perguntas a serem respondidas, de forma a estar esclarecendo qualquer dúvida quanto ao questionário em pauta.

O acompanhamento foi realizado pelo próprio autor do trabalho que também é funcionário da empresa em estudo.

O critério de seleção para os funcionários foi a função exercida dentro da empresa, sendo que todos os selecionados são disseminadores das práticas de produção enxuta na empresa objeto de estudo.

1.8 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido em quatro partes:

- 1 Introdução - breve introdução do tema, formulação do problema, objetivos da pesquisa, justificativas da pesquisa e classificação da metodologia.
- 2 Sistema Toyota de Produção – abordagem teórica da manufatura enxuta.
- 3 Setor Aeronáutico & Empresa Objeto do Estudo - Caracterização do objeto do estudo.
- 4 Definição do Plano de Abordagem para o Tema de Pesquisa
- 5 Resultados; Análise dos Resultados Obtidos.
- 6 Considerações Finais - abordagem final dos resultados obtidos.

2. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica apresentada neste capítulo é caracterizada por quatro grandes seções.

Na seção 2.1 a evolução histórica do sistema de manufatura – Produção Enxuta.

Na seção 2.2 o objetivo é caracterizar o sistema de manufatura enxuta – Produção Enxuta, demonstrando a definição dos termos utilizados e os princípios norteadores desse sistema.

Na seção 2.3 definição dos contextos do sistema de manufatura – Produção Enxuta, onde são definidas e explicadas as práticas deste sistema bem como o encadeamento entre elas.

Na seção 2.4 o objetivo é demonstrar fatores baseado na literatura que apóiam as práticas do sistema de manufatura – Produção Enxuta no aumento do desempenho às empresas.

Na seção 2.5 o objetivo é fazer uma Análise Crítica da Manufatura Enxuta.

Na seção 2.6 o objetivo é abordar a Norma SAE J4000 e J4001.

2.1 Evolução Histórica da Produção Enxuta (PE)

Este tópico apresenta, em linhas gerais, o início do processo de concepção da filosofia *Lean Manufacturing* e a sua evolução até os dias atuais.

2.1.1 Introdução

Schroeder et al. (1991) relata que a preocupação com a adequação e melhoria dos processos de manufatura não é recente com base em registros de ações pontuais na operação de indústrias no período em que teve início a revolução industrial.

Entre os relatos cabe o caso de uma construtora de navios, segundo o autor, em que foi institucionalizado na empresa em 1871, na Grã-Bretanha, um programa contemplando um sistema de sugestões aberto a todos os funcionários, premiando na época, todos os profissionais responsáveis por apresentar propostas de melhorias na fábrica, melhorias relacionadas à introdução de uma nova ferramenta ou um novo método ou um meio para reduzir desperdícios e acidentes.

O autor destaca o fato de que outras tantas iniciativas semelhantes reproduzidas na literatura demonstram que já nos primórdios da organização da produção no formato de manufatura, como estudamos atualmente, vários conceitos ou inovação não representa novidade no mundo contemporâneo.

Embora um tanto conturbado o processo de industrialização durante a revolução industrial, em função da quebra de paradigma da produção artesanal para a produção mecanizada e posteriormente para a produção em massa, havia evidentemente iniciativas das indústrias e de seus respectivos Engenheiros voltadas ao aumento da produtividade e do controle da operação.

Houve, contudo, em alguns casos a percepção da necessidade de reconhecer, premiar e aplicar as sugestões de melhorias dos seus empregados de modo a garantir o aumento da produtividade nos processos, além de incentivar os funcionários a buscarem melhores condições de trabalho.

Nesse contexto, a partir do século XX, Taylor é o principal responsável pelo avanço na sistematização do processo industrial a partir da administração científica, idealizador de métodos que passaram a apoiar os gerentes a analisar problemas da produção não mais de modo empírico, mas com base em métodos científicos voltados ao controle do tempo e a padronização do trabalho (BHUIYAN; BAGHEL, 2005).

Contudo, Bhuiyan e Baghel (2005), dá ênfase ao fato do enfoque da melhoria contínua no início do século passado ao uso de princípios diretamente relacionados a melhorias do trabalho, enquanto que no mundo contemporâneo a melhoria contínua está associada a uma série de metodologias e técnicas com estreito vínculo com a qualidade do produto e do processo envolvendo todos os colaboradores da empresa.

Esse envolvimento ocorreu com o propósito da redução das perdas, contudo, tendendo ao conceito de sistema de produção enxuto e descentralização do poder de decisão na operação. O último representa talvez a principal diferença do modelo atual para o com o modelo adotado no sistema de produção em massa.

É evidente que a maior contribuição quanto ao avanço das técnicas, metodologias e ferramentas de gestão da produção a partir da revolução industrial se deu por meio da evolução dos sistemas de produção na indústria automobilística.

Segundo Hounshell (1984) e Boyer et al. (1998), a história do Sistema Toyota de Produção teve grande contribuição, tendo como ponto de partida o modelo de produção em massa, adaptado para uma realidade operacional oposta a do mundo ocidental, o que proporcionou a abertura para a quebra de paradigmas de modo radical.

2.1.2 Sistema Toyota de Produção

Evidentemente o Sistema Toyota de Produção não foi projetado e tornado realidade no período pós Segunda Grande Guerra Mundial ou durante o período entre as décadas de 1940 e 1950, foi um processo de aprimoramento de décadas que ainda não terminou, e não deve terminar pelo simples fato de que o mundo evolui exponencialmente quanto à tecnologia de produto e de processo.

Por outro lado, afirmar que o marco de tempo em que o Sistema de Produção da Toyota foi formalmente documentado no domínio público, ou o momento histórico em que o mundo exterior tomou conhecimento do desenvolvimento do sistema é, pode dizer impossível, embora datas históricas quanto aos principais eventos possam ser resgatados.

A fundação da Toyota Motor Company ocorreu no ano de 1918, quando o empresário Sakichi Toyoda do ramo têxtil: fiação e tecelagem decidiu investir no ramo automobilístico, tendo como captação de recursos financeiros a venda das patentes do tear automático que ajudou a projetar e produzir.

A venda das patentes aos irmãos Platts em 1929 rendeu a Sakichi Toyoda £100.000, capital que disponibilizou para o seu filho Kiichiro tornar realidade o projeto da criação de uma fábrica de automóveis.

Wada (2004) *apud* Ohno (1988) faz uma análise histórica desse período a partir da versão romântica de conhecimento público de que Sakichi disse a seu filho em seu leito de morte: "Eu servi nosso país com o tear. Eu quero que você possa servi-lo com o automóvel".

Período em que o mercado japonês passou a ser dominado pelas subsidiárias locais da Ford e da General Motors (GM), e em seguida, em 1920, o negócio automotivo da família Toyoda passou a enfrentar a maior dificuldade financeira desde então, diretamente influenciada pela disputa do espólio após a morte de Sakichi, em 1930.

Embora, o resultado da disputa acabou por nomear Kiichiro presidente do grupo Toyoda, de início foi extremamente difícil prosseguir com as atividades da indústria automobilística da família Toyoda, de acordo com Cusumano (1985). Contudo, a lei do governo Japonês que regulamentava a fabricação de automóveis, recém-lançada em 1930, favoreceu o projeto do modelo AA, a partir do uso de grande parte dos componentes da Ford e da GM. A empresa foi registrada com o nome Toyota para simplificar a pronúncia e passou a operar definitivamente no ramo de fabricação de veículos automotores. A produção de caminhão e carro teve início entre 1935 e 1936, respectivamente, e em 1937, a Toyota Motor Company foi formalmente constituída.

Em decorrência da Segunda Grande Guerra Mundial problemas econômicos do pós-guerra acabaram por resultar em estoques crescentes de carros não vendidos da empresa, ampliando as dificuldades financeiras da Toyota.

Segundo Schroeder (1991), a fim de dar uma solução ao problema dentro de um contexto mais geral do Japão, em função do problema da Toyota ser similar as demais indústrias do país, a partir de 1946, a JUSE (*Japanese Union of Scientists and Engineers*), começou a trazer para o Japão grandes teóricos americanos da qualidade para que estes pudessem lhes passar conhecimento, principalmente sobre técnicas de controle estatístico de processo como W. Edwards Deming, que posteriormente contribuiu para o desenvolvimento do conceito de Sistema de Controle da Qualidade Total – TQC e Joseph M. Juran que teve papel fundamental no delineamento das diretrizes da Gestão da Qualidade Total.

O método mais utilizado em práticas e programas de melhoria contínua até os dias atuais, de acordo com Schroeder (1991) é o Ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Deming, em homenagem ao teórico da qualidade que aplicou e o difundiu a partir da década de 1950. Embora todo esse início possa ter contribuído com os primeiros passos do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, não bastassem, às dificuldades financeiras da empresa movimentos de greve como resultado de disputas internas, obrigou a direção em 1950 a tornar realidade a divisão da *Toyota Motor Manufacturing* e a renúncia de Kiichiro da presidência.

Kiichiro transfere o comando da *Toyota Motor Manufacturing* para o seu primo Eiji Toyoda que se tornou diretor gerente do setor de fabricação do grupo.

É no ano de 1950 que Eiji Toyoda ao viajar para os Estados Unidos busca estudar os métodos de fabricação das indústrias automobilísticas dos Estados Unidos.

Em seguida, Eiji Toyoda visitou a fabricante de aeronaves Focke Wulff na Alemanha, observando o que historicamente originou os primeiros indícios do *Productions takt*, evoluindo para o *takt time*.

Tentativas iniciais de tornar a *Toyota Motor Manufacturing* competitiva não obtiveram sucesso, os primeiros resultados somente passaram a aparecer na década de 1940 com o apoio de Taiichi Ohno.

A contratação de Taiichi Ohno foi efetivada no ano de 1932 pela empresa do grupo *Toyoda Spinning and Weaving* do ramo têxtil, depois de se formar como engenheiro mecânico. A transferência de Taiichi Ohno para a *Toyota Motor Manufacturing* ocorreu somente em 1943 em função do grupo se desfazer do segmento têxtil.

Ohno não tinha nenhuma experiência em fábrica de automóveis, Taiichi Ohno inicialmente identificou duas falhas lógicas do sistema de produção ocidental:

- 1) **Primeiro:** a produção de componentes em grandes lotes resulta em grandes estoques, que detém um capital de giro e espaço para armazenagem extremamente caro, além de resultar em um grande número de defeitos.
- 2) **Segundo:** a incapacidade de atender as preferências dos consumidores quanto à diversidade de produtos.

Segundo Holweg (2007), o próprio Henry Ford aprendeu esta lição na década de 1920, quando as vendas do Modelo T despencaram, pelo fato dos clientes passarem a preferir a compra de veículos da segunda maior montadora de veículos automotores na época, a General Motors, que passou a oferecer ao mercado a possibilidade da escolha da cor e acessórios opcionais. Ainda segundo Holweg (2007), Ohno acreditava que o sucesso da General Motors ainda estava diretamente relacionado ao resultado do abandono do sistema de produção em massa da Ford, pelo simples fato do objetivo estar atrelado ao uso de componentes padrão permitindo grandes tamanhos de lotes, minimizando assim o tempo de *setup*.

Holweg (2007) descreve que a partir de 1948 Ohno desenvolveu o seu conceito de produção de pequenos lotes a partir de ensaios no chão de fábrica da Toyota na área de usinagem de motor, a qual era responsável. O objetivo de Ohno era a redução de custos por intermédio da eliminação de perdas, uma abordagem com base na sua experiência na indústria Têxtil do grupo Toyoda com o tear automático a fim de não desperdiçar qualquer material ou tempo de máquina. Ohno adota o conceito *jidoka* definido por ele (máquina autônoma) que se tornou fundamental na concepção do Sistema Toyota de Produção.

A adoção dos conceitos que acabaram por dar a sustentação do Sistema Toyota de Produção por Ohno teve em grande parte a influência do que pode observar durante as visitas às fábricas de automóveis dos Estados Unidos que Ohno realizou em 1956.

De acordo com Holweg (2007) ele incorporou as ideias que desenvolveu durante essas visitas, inclusive os primeiros passos para a idealização do sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* e o dimensionamento de supermercados para o controle do material de reposição. É nesse período, ainda segundo Holweg (2007) que Ohno descreve em seu livro os dois pilares do Sistema Toyota de Produção: autonomia (a partir do projeto do tear projetado por Sakichi) e o *Just in Time*, o qual ele dá os créditos a Kiichiro mencionando que para um sistema complexo como a produção de automóveis, a melhor maneira de conduzir o processo de fabricação é disponibilizar todas as peças para a montagem ao lado da linha apenas no tempo certo do uso.

É a partir dos passos iniciais descritos que Ohno é que se definem os parâmetros essenciais capazes de fazer com que o sistema *Just in Time* sistema funcione, desse modo é necessário produzir e receber componentes e peças em pequenos lotes, o que na época era economicamente inviável de acordo com o pensamento tradicional ou do sistema de produção em massa. Ohno alterou os procedimentos de *setup* de máquina a fim de produzir uma variedade cada vez maior de peças e componentes em lotes menores.

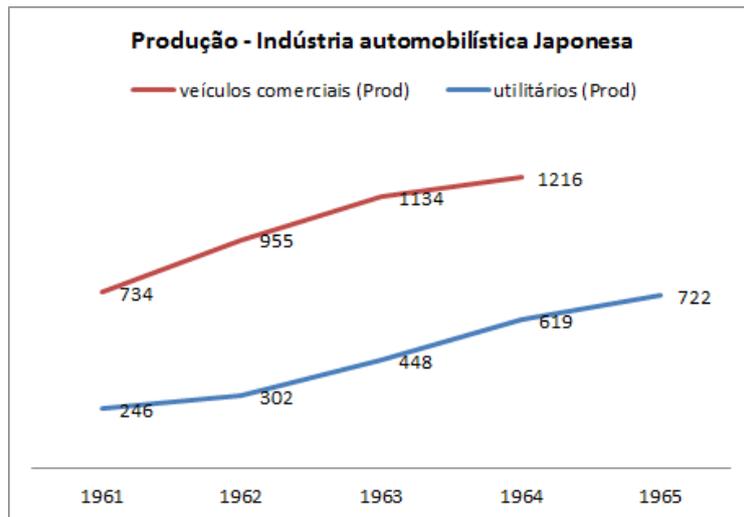
A partir da necessidade da redução do tempo de *setup* para viabilizar a redução do tamanho dos lotes, Shigeo Shingo foi contratado como consultor externo em 1955 e desenvolveu o procedimento de troca rápida de ferramentas, o SMED (*Single Minute Exchange of Die*). Contudo, em contrapartida, é importante ressaltar a seguinte nota, segundo Toike (1967), em que a indústria de automóvel japonesa foi observada na década de 1950: “A indústria de automóvel japonesa tem feito progressos notáveis nos últimos anos, desde meados da década de 1950”.

É relevante destacar que o cenário apontado por Toike (1967) encontrava-se dentro de um contexto da época de alta taxa de crescimento econômico da economia japonesa o que trouxe o rápido desenvolvimento do setor industrial de engenharia, com destaque à indústria automobilística japonesa responsável por cerca de um quarto da produção total do setor e, portanto, ocupando uma posição importante na economia japonesa deste período, ao mesmo tempo em que Maxcy e Silberston (1959) afirmam que a gestão de fabricantes ocidentais de veículos: “se esforçava para a produção em economias de escala em grande escala”.

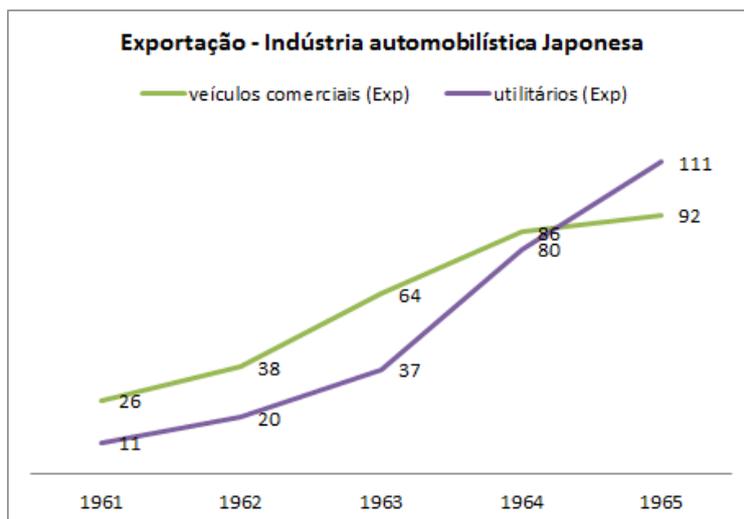
As Figuras 1 e 2 mostram os dados de produção e exportação da indústria automobilística Japonesa entre 1961 e 1965. O resultado de todo o processo de desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção foi à capacidade de produzir uma variedade considerável de veículos em volumes relativamente baixos, a um custo competitivo, alterando a lógica convencional de produção em massa.

No caso, a necessidade imposta aos fabricantes de automóveis Japoneses de produção com baixos volumes e grande variedade, forçou as empresas a buscarem adaptações do modelo imposto pelo sistema de manufatura em massa à sua realidade, o que estimulou a inovação do sistema de gestão da manufatura conhecido atualmente como manufatura enxuta.

Segundo Holweg (2007) o Sistema Toyota de Produção não foi formalmente documentado até 1965 quando o sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* foi proposto para os fornecedores, e somente a partir da primeira crise do petróleo em 1973 passou a chamar a atenção do mundo ocidental o que resultou na proposta do Programa Internacional de Veículos Motorizados do MIT.

Figura 1 – Produção da indústria automobilística Japonesa (*vezes mil* – mercado interno e externo).

Fonte: Toike (1967) *apud* Jiddsha Kogyo Kai (*Motor Industry Association*).

Figura 2 – Exportação da indústria automobilística Japonesa (*vezes mil* – mercado externo).

Fonte: Toike (1967) *apud* Jiddsha Kogyo Kai (*Motor Industry Association*).

Os esforços do MIT em estudar com maior propriedade o Sistema Toyota de Produção, segundo Holweg (2007) partiu do princípio de se estruturar uma metodologia de análise e comparação do desempenho das unidades de montagem das indústrias automobilísticas do mundo todo, envolvendo tamanho do veículo, tecnologia do produto e tecnologia do processo tendo como projeto inicial da metodologia de *benchmarking* o trabalho de Womack e Jones durante a década de 1980 entre os anos de 1985 e 1986, metodologia testada em Flins, fábrica da Renault no ano de 1986.

De acordo com o autor o desenvolvimento e a evolução da metodologia de *benchmarking* do Programa Internacional de Veículos Motorizados do MIT resultou em um maior apoio dos patrocinadores aos pesquisadores o que permitiu desdobramentos como o uso da experiência de chão de fábrica de Krafcik e John Paul MacDuffie (pesquisadores do programa) na definição do sistema de medição de desempenho do chão de fábrica a partir de diferentes aspectos.

Como resultado o autor aponta, por exemplo, a medição das áreas de retrabalho em metros quadrados para medir a quantidade média de retrabalho em uma planta, e para fins de comparação o número de pontos de solda por veículo como um parâmetro para o tamanho do veículo, dirigindo-se, assim, a uma das fontes mais óbvias do viés de comparação do tamanho do veículo produzido.

O autor destaca com relação a esse fato foi relevante a fim de quebrar o argumento de alguns dirigentes ocidentais, na época, de os japoneses eram mais produtivos porque eles fabricavam automóveis com carroceria menor.

A partir das considerações de Holweg (2007) trata-se de uma questão fundamental abordada na avaliação do tamanho do veículo a partir do total de todos os pontos de solda, além da complexidade do processo de solda da carroceria do veículo como parâmetro de forte influência no indicador de produção permitindo um parâmetro de comparação adequado quando se trata de avaliar plantas da indústria automobilística localizadas em diferentes regiões no mundo.

Além de outros aspectos como ajustes do veículo na linha de montagem relacionados à montagem de acessórios e tipo construtivo dos veículos.

Nesse caso a literatura pondera que toda a descrição dos ajustes do veículo leva em conta o volume de produção de diferentes produtos produzidos na planta, e ajustado à integração vertical com base em um conjunto de atividades chave realizadas na própria planta na maioria dos casos na época. Contudo, as diferenças de tempo de trabalho, pausas, absenteísmo, entre outros fatores foram considerados. Nesse contexto, ainda segundo a literatura, a metodologia de avaliação do desempenho das diversas plantas das indústrias automobilísticas espalhadas no mundo do Programa Internacional de Veículos Motorizados do MIT avançou com base em dois elementos principais:

- 1) A dimensão técnica ou foco na engenharia industrial;
- 2) A dimensão voltada ao estudo do sistema de trabalho com análise da estrutura organizacional e as práticas de gerenciais, bem como as políticas de recursos humanos.

A partir dos resultados obtidos no ano de 1990 é publicado o livro “A máquina que mudou o mundo” com a abordagem das operações de fabricação e do desenvolvimento de produtos envolvendo a cadeia de suprimentos de distribuição dos produtos.

De acordo com a evolução histórica do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção é coerente definir que desde 1948 o sistema vem sendo aprimorado no ambiente industrial das fábricas da Toyota passando a incorporar na disseminação do conhecimento aos fornecedores a partir de 1965.

De acordo com a literatura os primeiros trabalhos publicados a respeito do Sistema Toyota de Produção foram de coautoria de Ohno com outros membros proeminentes do Departamento de Controle de Produção da Toyota, citado por Holweg (2007) com, por exemplo: Ohno, T., Kumagai, T., 1980. *Toyota Production System*. In: *International Conference on Industrial Systems Engineering in Developing Countries*, Bangkok, November.

Em 1979, a APICS – *American Production and Inventory Control Society* cria um grupo de estudo chamado de *Repetitive Manufacturing Group* (RMG) patrocinando novas pesquisas as quais resultaram em outras publicações sobre o sistema *Just in Time*, como por exemplo os livros de Schonberger Hall, sendo em paralelo, o livro de Yasuhiro Monden da Universidade de Tsukuba sobre o Sistema Toyota de Produção.

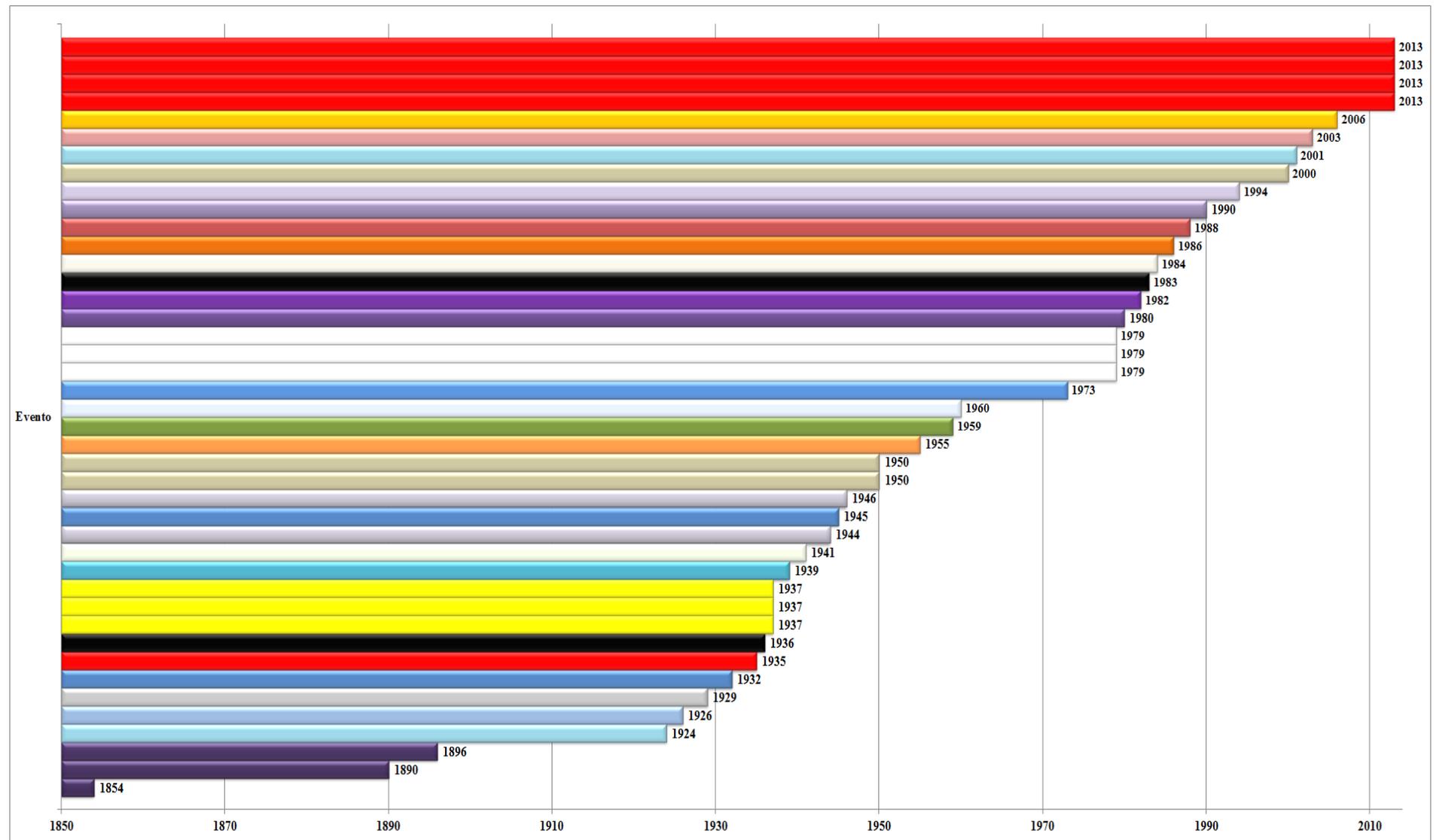
Os livros de Schonberger, Hall e Monden desempenharam um importante papel na divulgação do *Just in Time* no mundo ocidental.

Contudo, segundo Holweg (2007) não há evidências claras do fato de que no momento em que o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” foi publicado em 1990, qual o nível de conhecimento da comunidade acadêmica e industrial mundial do Sistema Toyota de Produção e qual a contribuição efetiva do livro quanto à disseminação do conhecimento inerente à manufatura enxuta, assim como o momento histórico em que os primeiros casos de sucesso não japoneses se tornaram realidade e passaram a ser conhecidos publicamente.

A partir da adaptação da Figura do Apêndice B de Holweg (2007) a Figura 3 mostra os principais eventos históricos relacionados a Manufatura Enxuta a partir do século XIX graficamente e a Figura 4 a descrição dos eventos com as respectivas datas.

A Figura 5 mostra as principais publicações (*livros e papers*) graficamente e a Figura 6 a descrição das publicações com as respectivas datas, mencionando os principais autores das publicações da área de pesquisa até o presente momento.

Figura 3 – Principais eventos relacionados à manufatura enxuta.



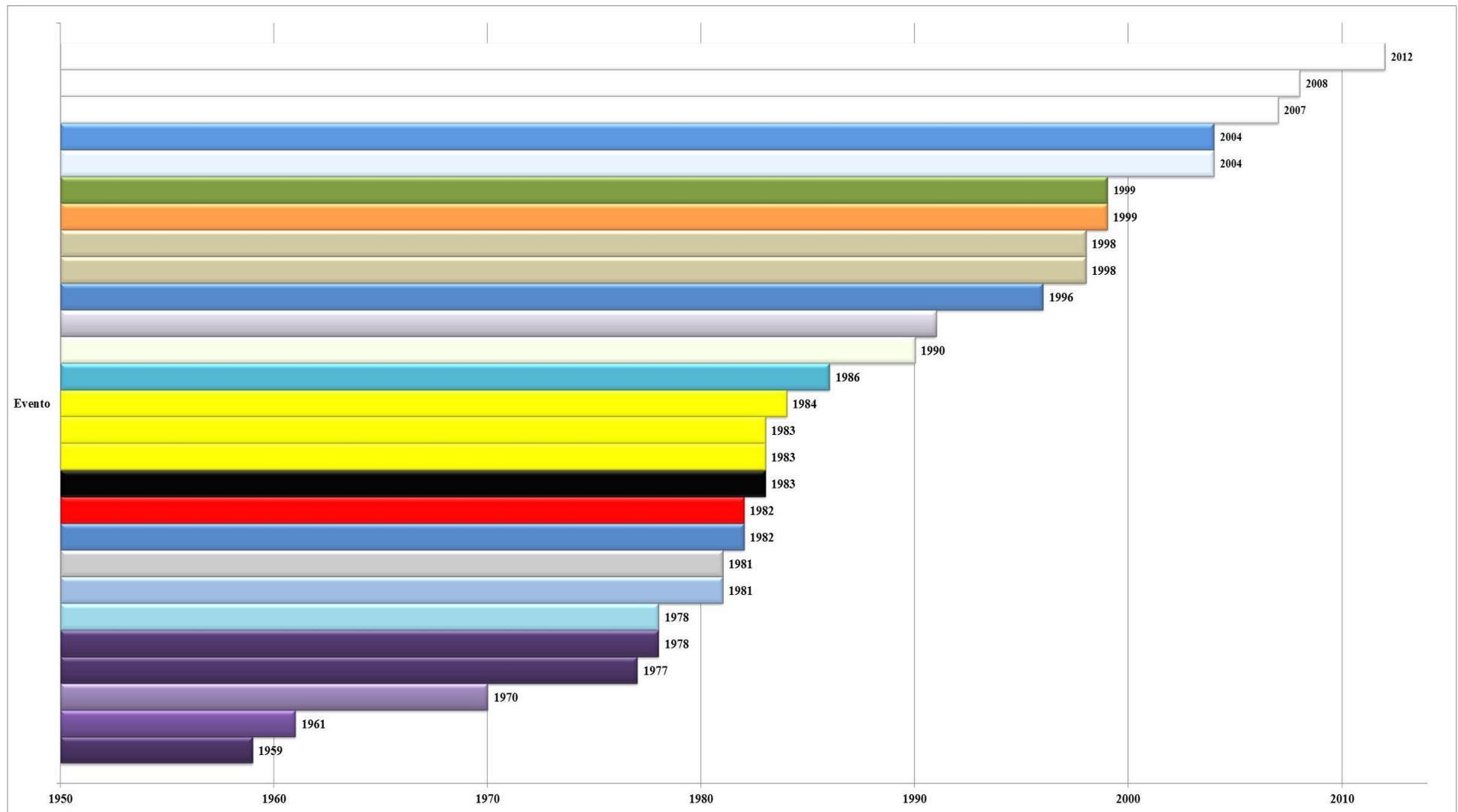
Fonte: Adaptação de Holweg (2007).

Figura 4 – Legenda da Figura 3.

Ano	Evento
1854	A transformação da economia japonesa em potência tem como marco o Tratado de Kanagawa, firmado com os Estados Unidos. A partir daí, os portos foram abertos ao comércio e iniciou-se um processo de intensa industrialização.
1890	Tear Manual - originalmente de madeira
1896	Primeiro tear mecânico
1924	Primeiro tear mecânico de alta velocidade do mundo – modelo G (Sensores sofisticados – benefício da tecnologia eletrônica e ótica)
1926	Kiishiro – produção em série – produção de teares automático. Introduziu métodos americanos de linha de produção para os modelos G
1929	Kiishiro viaja para a Europa e América do Norte – licenciar a tecnologia do tear automático – decide produzir automóveis
1932	Ohno é contratado pela tecelagem Toyoda como Engenheiro
1935	Kiichiro Toyoda funda a Toyota Motor Corporation, uma spin-off da Tecelagem Toyoda (Protótipo do modelo de passageiros Toyota A1)
1936	Início da produção do modelo A (Protótipo modelo de passageiros Toyota AA)
1937	Início da produção do modelo Toyota AA (incorporou suas operações automobilísticas – fábrica de automóveis)
1937	Toyota Motor Co., criada como uma subsidiária da Toyota Loom Works, um dos principais fabricantes mundiais de máquinas de tecelagem sob a chefia de Sakichi Toyota, “Rei dos Inventores do Japão”
1937	Refinou os métodos americanos de produção para a sua fábrica e desenvolveu o início da produção Just-in-Time
1939	(1939 - 1945) Ford aplica o conceito do fluxo de produção para produzir bombardeiros B-24 na planta de Willow Run. Métodos similares são usados na produção do avião de guerra Britânico Spitfire. Trata-se da personificação física do sistema de Produção Ford que mais tarde foi transformado pela Toyota em Just In Time evoluindo para o Lean Manufacturing. Um bombardeiro por hora.
1941	II Guerra Mundial
1944	Willow Run torna-se realidade. Dados do sistema de produção: 488.193 peças, 30.000 componentes, 24 subconjuntos principais, pico da produção de 25 unidades por dia, 25.000 desenhos iniciais de engenharia, Dez mudanças do modelo em seis anos, Milhares mudanças em execução e 34.533 funcionários no pico de produção.
1945	Toyota reinicia a produção de automóveis e produz 3.000 unidades no mesmo ano.
1946	JUSE (Japanese Union of Scientists and Engineers), começou a trazer para o Japão, grandes teóricos americanos da qualidade para que estes, pudessem lhes passar conhecimento, principalmente sobre técnicas de controle estatístico de processo.
1950	Os sistemas de produção também foram melhorados no final dos anos 1.950, culminando na criação do Sistema de Produção Toyota.
1950	Greves trabalhistas levam a Toyota perto da falência. Kiichiro Toyoda renuncia e entrega a presidência do grupo Toyota ao seu primo Eiji Toyoda. Kiishiro instruiu Eiji a colocar a sua indústria dentro dos padrões americanos de tecnologia dentro de 3 anos.
1955	A Toyota produz um total de 23.000 veículos, enquanto a Ford produz mais do que 8.000 carros por dia
1959	Toyota dá início a produção de veículos fora do Japão numa fábrica no Brasil e continuou com uma crescente rede de fábricas em diversos pontos do globo
1960	Fujio Cho é contratado pela Toyota como aprendiz, tendo como mentor Taiichi Ohno
1973	Primeira crise do petróleo
1979	Segunda crise do petróleo.
1979	Início do programa internacional de veículos automotores (International Motor Vehicle Program – IMVP) do MIT
1979	O comitê de manufatura repetitiva é criado pela APICS. Como membros do comitê: Schonberger e Hall
1980	Primeiros insights das empresas do setor aeronáutico da modularização dos projetos das aeronaves envolvendo um processo seletivo de fornecedores - mudança que reforçou o modelo híbrido de montagem - layout fixo (docas) para linhas de montagem. Fonte: Frigant (2005)
1982	Início da operação da planta da Honda em Marysville (OH)
1983	Início da operação da Nissan em Smyrna (TN)
1984	A Toyota passa a compor a joint venture NUMMI com a GM e reabre a planta de Fremont (CA)
1986	Começa o trabalho do programa IMVP com foco no estudo de plantas de montagem distribuídas no mundo. Benchmarking de 70 plantas industriais de montagem de veículos automotores no mundo
1988	Início da operação de produção da planta da Toyota em Georgetown (KY)
1990	Aumento da delegação aos fornecedores para o desenvolvimento das suas próprias competências em relação a projeto e, ao mesmo tempo no desenvolvimento da aprendizagem em trabalho cooperativo ao longo de toda a cadeia de valor. Fonte: Frigant (2005)
1994	Início do segundo programa IMVP relacionado ao estudo de plantas de montagem de veículos automotores distribuídas no mundo conduzido por MacDuffie e Pil
2000	Pil conduz o terceiro programa IMVP do estudo de plantas de montagem de veículos automotores distribuídas no mundo
2001	Cho anuncia: The Toyota Way: 14 Princípios de Gestão
2003	Toyota assume vantagem com relação a Ford como a segunda maior fabricante de automóveis do mundo
2006	Toyota ultrapassa a GM e se torna a maior montadora do mundo
2013	Toyota faz recall mundial de 885 mil veículos por possível problema nos condensadores de ar-condicionado, que podem apresentar vazamento d'água em cima do módulo que controla o airbag
2013	Toyota faz recall mundial de 242 mil veículos por defeito nos freios
2013	Toyota faz recall mundial de 7,4 milhões veículos por defeito nos vidros
2013	Lider, Toyota tem 9,1% do mercado mundial

Fonte: Adaptação de Holweg (2007).

Figura 5 – Principais publicações relacionadas à manufatura enxuta.



Fonte: Adaptação de Holweg (2007).

Figura 6 – Legenda da Figura 5.

Ano	Evento
1959	Maxcy e Siberston uso das horas de mão de obra por veículo como um meio de comparar níveis de produtividade mundial
1961	Lógica do Balanceamento do Fluxo de Materiais publicado por Jack Burbibidge - The New Approach to Production - Towil (2006)
1970	Toyota explora os princípios do controle do balanceamento do fluxo de materiais - Understand Document Simplify and Optimise Concept - Edwards Deming - Towil (2006)
1977	Sugimori et al publicou o primeiro paper acadêmico com o título Sistema Toyota de Produção e Sistema Kanban: materialização do Just in Time
1978	Ohno publica Sistema Toyota de Produção (em japonês)
1978	Jones e Prais analisam as diferenças entre a produtividade na montagem em seu paper a partir do tamanho da planta e produtividade na indústria do setor automobilístico a partir de algumas comparações internacionais
1981	Monden publica uma série de artigos a respeito do Sistema Toyota de Produção no journal Industrial Engineering
1981	Shingo publica Um estudo da produção da Toyota
1982	Richard Schonberger publica Técnicas de Manufatura Japonesa - Japanese Manufacturing Techniques Nine Hidden Lessons in Simplicity - Towil (2006)
1982	Abemathy et al publica O status da competitividade da indústria automobilística americana e a discussão a respeito do gap de desempenho americano e japonês
1983	Abemathy et al publica o paper: Renascimento industrial e a produtividade internacional
1983	Monden publica Sistema Toyota de Produção
1983	Hall publica inventário zero
1984	Altshuler et al publica O futuro do automobilismo
1986	Krafcik apresenta o resultado do programa IMVP como o primeiro benchmark das plantas de montagem no seu paper Learning from NUMM
1990	Womack et al publica "A máquina que mudou o mundo" mostrando os resultados do primeiro estudo das plantas de montagem global
1991	Clark e Fujimoto publicam Desempenho de desenvolvimento do produto
1996	Womack e Jones publicam pensamento Lean
1998	Cusumano e Nobeoka publicam Lean pensar além
1998	Kochan et al publicam após Lean Production
1999	SAE International publica a norma J4000 e o documento J4001 - SURFACE VEHICLE RECOMMENDED PRACTICE
1999	Fujimoto publica A evolução de um sistema de manufatura da Toyota
2004	Liker publica The Toyota Way
2004	Holweg e Pil publicam os resultados combinados de todas as três rodadas do estudo fábrica de montagem "The second century"
2007	E Lander e JK Liker publicam The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way
2008	JK Liker publica Toyota culture: The heart and soul of the Toyota way
2012	Monden publica Toyota production system: an integrated approach to just-in-time, 4a edição

Fonte: Adaptação de Holweg (2007).

2.1.3 Produção Enxuta e Organização do Trabalho

Forza (1996) destaca que a maioria dos *papers* que abordam a produção enxuta (PE) enfatiza de algum modo a importância dos recursos humanos, e que em contrapartida um número reduzido de publicações tem como ênfase as práticas de organização do trabalho (*work organization practices*– WOP) de modo a não ficar claro o papel específico de cada um dos atores (recursos humanos e práticas) dentro do modelo de gestão da produção do *Lean Manufacturing*.

De acordo com Forza (1996) os termos produção enxuta ou fábrica enxuta, são termos inspirados na comparação com o sistema de produção idealizado por Ford.

Segundo o autor o modelo *Lean Manufacturing* requer menos ações, menos espaço, menos movimento de material, menos tempo para preparar a máquina e conseqüentemente uma disponibilidade da força de trabalho menor, menor número de sistemas de computador e tecnologia de processo mais simples.

Neste contexto o autor chama a atenção do fato de que o sistema de produção *Lean Manufacturing* representa de certo modo a continuidade dos sistemas de produção Taylorista e Fordista, tanto no que se refere ao modelo de organização do sistema de produção idealizado por Taylor na medida em que ambos os sistemas busca atingir a produtividade total. Com relação ao sistema de produção idealizado por Ford ambos os sistemas, *Lean Manufacturing* e o Fordismo compartilham do desejo de obter sincronismo do fluxo de produção.

Contudo, é fato que a produção enxuta avança além das premissas dos dois sistemas de produção Taylorista e Fordista à medida que dá grande importância à maximização da produtividade.

Nesse aspecto a principal diferença encontra-se na mudança de visão da filosofia de gestão da produção, enquanto que no modelo Taylorista o princípio organizacional quanto à força de trabalho visa à produtividade total de cada membro individual o sistema Toyota de produção visa à produtividade total da empresa a partir de uma abordagem sistêmica e não pontual.

Forza (1996) reforça que além do foco do sistema de produção enxuta na integração de uma pluralidade complexa de processos de fabricação em um único fluxo sincronizado a partir do conceito de sistema puxado de produção, sua abordagem busca uma visão sistêmica da manufatura envolvendo outras áreas com funções organizacionais específicas como a área de controladoria.

Entre outras mudanças inerentes a concepção do sistema de produção da Toyota que diferencia esse sistema dos demais a ideia de sistema puxado dá ênfase ao relacionamento da indústria com o mercado que direciona a fábrica em atender as necessidades do consumidor final que deve se adaptar a dinâmica do ambiente externo por meio de comunicações precisas rio acima (a montante – *upstream*), por meio de movimentos para frente do fluxo de produção puxado por necessidades geradas rio abaixo (a jusante – *downstream*) com base nas necessidades reais do mercado.

Forza (1996) destaca também que o sistema Toyota de produção quebrou o paradigma dos recursos humanos considerados como recurso nos sistemas de produção Taylorista e Fordista que, consideram que a mão de obra tenta resistir à oferta de trabalho, enquanto que no sistema Toyota de Produção os recursos humanos quer trabalhar e realmente contribui intensamente quando motivado à oferta de trabalho. O autor destaca que essa nova forma de pensar a mão de obra acaba por eliminar a visão dualista da sociedade, de um lado fábrica e do outro lado mão de obra dando lugar à ideia de uma comunidade unificada, com uma forte identidade cultural, e o clima hostil embutido no taylorismo foi, portanto, revertido para um clima de maior colaboração.

No contexto do conjunto de abordagens que dão ênfase a relação gestão de recursos humanos *versus* práticas de gestão da produção enxuta, ainda segundo Forza (1996), há uma dicotomia entre as vantagens da manufatura *lean* quanto a uma maior autonomia do colaborador em realizar uma maior variedade de trabalho e a necessidade de uma maior qualificação da mão de obra em contrapartida de uma maior ênfase no perfil da liderança relacionada à importância do conhecimento técnico do grupo. Esse aspecto levanta hipóteses na literatura quanto a um maior nível de estresse no ambiente de trabalho.

Forza (1996) *apud* Groebner and Merz (1994) identificou como as mudanças mais significativas que o sistema de produção enxuta introduziu no chão de fábrica os seguintes aspectos:

- 1) Mudanças no sistema de avaliação de desempenho;
- 2) Necessidade da interação do grupo de trabalho;
- 3) Ganho de flexibilidade do trabalho;
- 4) Mudanças no modo de supervisão; e
- 5) Avaliação do potencial da perda de segurança.

Segundo esses autores o Japão abandonou a proteção social que no início era demasiadamente intensa, caracterizando o sistema de produção japonês em função do emprego vitalício e níveis salariais vinculados à valorização do tempo de colaboração à fábrica e política de promoção a partir do plano de carreira, que conseqüentemente os fabricantes japoneses incorporaram à Gestão da Manufatura com ênfase à qualidade total e a definição do sistema de produção puxada em detrimento da necessidade de fortalecer o trabalho em equipe.

Desse modo, o autor destaca que em ambos os lados do oceano Atlântico, as políticas de Gestão de Recursos Humanos das empresas japonesas, nesse período inicial de desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção passou a ser conhecida por dar uma atenção especial ao processo de seleção da mão de obra, formação técnica e conseqüentemente habilidades e competências individuais enfatizando o perfil de cooperação dos candidatos a fim de perpetuar a cultura de trabalho em equipe com maior flexibilidade. FORZA (1996).

Tais práticas, de acordo com os autores subscrevem um sistema de produção eficiente dependente de trabalho em equipe, disciplina rigorosa, flexibilidade e atenção aos detalhes.

É nesse contexto que o perfil de liderança do responsável pelo projeto de transformação de um sistema de manufatura tradicional para um sistema de manufatura *Lean Manufacturing* passou a representar um diferencial para se alcançar o sucesso do processo de reestruturação do chão de fábrica alinhado com a qualificação da mão de obra quanto ao conhecimento da tecnologia de processo e de produto da empresa e das práticas de gestão da produção do STP de acordo com o escopo de fabricação de cada unidade fabril, o qual contempla particularidades do sistema de produção.

Forza (1996) define que a abordagem de projeto de trabalho no sistema *lean manufacturing*, portanto, caracteriza-se por cooperação a fim de resolver problemas em grupo, e controle de atitude no que pode ser descrito como a organização social do trabalho, no entanto, esta organização social do sistema de trabalho constitui um sistema de comportamento do colaborador por meio de um controle muito mais sofisticado que o sistema de produção tradicional.

Forza (1996) ainda destaca a importância do fato de que o envolvimento dos trabalhadores passou a ser, talvez, o aspecto mais relevante em que os vários pesquisadores que atuam neste campo convergem quanto a uma análise mais profunda do que diferencia tal sistema do sistema de produção em massa.

De acordo com o autor esse envolvimento se manifesta de muitas formas, mas, em especial, por meio de:

- 1) O direito e o dever dos trabalhadores de interromper o fluxo de produção, sempre que notar anomalias ou defeitos;
- 2) A troca de posições dentro do grupo de trabalho e que a criação e manutenção do hábito de "dar um ao outro uma mão" nos momentos de dificuldade;
- 3) A adaptação das equipes de trabalho às variações de funções de trabalho e no fluxo de produção;
- 4) O compromisso de cada trabalhador para a melhoria contínua de cada fator de produção.

É fato que sistemas de produção *lean* atribuem maior responsabilidade aos colaboradores uma vez que os mesmos são os únicos responsáveis pelas operações e funções que desempenham cabendo ao supervisor o papel de facilitador no processo de coordenação e treinamento, a fim de exercer certo controle quanto ao desempenho da mão de obra no nível de equipe. Forza (1996) aponta para a necessidade do sistema, ser capaz de fornecer diferentes tipos de *feedback* em diferentes níveis organizacionais.

O Controle do processo em um sistema *lean manufacturing* exige a coleta de dados contínua no que diz respeito ao comportamento do processo. Segundo o autor a realimentação do sistema volta do operador individual para ele próprio dentro do fluxo de informações que deve ser estabelecido, desse modo uma melhor qualidade de desempenho é alcançada.

A informação interna sobre a qualidade recolhida pela inspeção do produto e o processo de auditoria interna constitui uma grande parte do *feedback* sendo importante apresentar esta informação imediatamente, a fim de facilitar a identificação das causas e intervir rapidamente com uma ação corretiva.

No nível do chão de fábrica, significa que a coordenação horizontal prevalece sobre a coordenação vertical. Para funcionar corretamente, coordenação horizontal precisa de cada departamento para identificar e resolver os seus próprios problemas internos de forma independente. Forza (1996) destaca que nesse ponto a cultura organizacional e regional dos membros colaboradores da organização influencia pontualmente no processo do funcionário tornar-se mais independente e de manter sobre si um autocontrole, do que em uma fábrica estruturada a partir do comando e controle baseado na hierarquia vertical, é evidente que mudar radicalmente um sistema tradicional para um sistema descentralizado requer disciplina e acompanhamento pontual das atividades de processo muito mais intenso.

Atualmente, as características iniciais do sistema de produção japonês de emprego vitalício e níveis salariais vinculados à valorização do tempo de colaboração à fábrica e política de promoção a partir do plano de carreira, que conseqüentemente os fabricantes japoneses incorporaram à Gestão da Manufatura, não persistem nas indústrias orientais havendo evidentemente uma valorização por desempenho o que em função da cultura impregnada de comprometimento com a equipe de trabalho e conseqüentemente à empresa mantêm os índices de rotatividade de mão de obra ainda intensamente baixos.

O colaborador é capaz de buscar melhorias de processos e monitorar a qualidade da operação que executa e, conseqüentemente, desfruta de um *feedback* imediato sobre o seu próprio desempenho.

Groebner and Merz (1994) destacam que cabe aos gerentes ajudar a projetar o sistema, e monitorar o desempenho com o propósito de avaliar a necessidade de treinamento e a persistência da equipe no processo de transformação do sistema tradicional de produção para o sistema *lean manufacturing* fazendo valer a mudança de cultura até que o sistema a partir dos colaboradores possa ser considerado um sistema maduro, cabendo apenas à busca por melhorias futuras do processo e não do sistema quanto ao uso das práticas de gestão da produção do *lean*.

Desse modo a literatura apoia a conclusão de que o perfil da liderança de indivíduo agregador do trabalho em equipe monitorando as ocorrências e apoiando as soluções de modo conjunto com os colaboradores, incentivando e promovendo a concentração de esforços em aperfeiçoar o sistema é a única forma de conduzir a transformação do sistema de produção tradicional em um sistema enxuto, além, do mais importante: a manutenção e evolução do sistema com base na filosofia de melhoria contínua.

Com relação à liderança em ambiente *Just in Time* Forza (1996) aponta para a influência do fato de que os operadores necessitam ser multi-qualificados para se tornarem multifuncionais com capacidade de executar múltiplas máquinas e capazes de fazer o seu próprio controle de qualidade e de solucionar problemas eventuais, o que requer uma variedade de habilidades e talentos com o objetivo de reduzir o estoque em processo (*work in progress*) e minimizar o tempo ocioso de equipamentos, instalações ou pessoal direto e indireto. Embora a literatura do tema principais práticas do *Lean Manufacturing* é vasta não há um número significativo de trabalhos que relaciona de modo mais efetivo as principais diferenças das relações de trabalho entre o sistema tradicional e enxuto como Forza (1996), o que pode ser visto a partir da Tabela 1 que apresenta as principais práticas do *Lean Manufacturing* segundo esse autor.

Tabela 1 – Práticas *Lean Manufacturing*. Fonte: Forza (1996).

Variável	Definição
Rolando os planos de produção	Planos de produção de longo prazo \Rightarrow planos de capacidade <i>Rough Cut Capacity</i> (RCC) \Rightarrow procedimento de compra com fornecedores \Rightarrow fabricação de curto prazo.
Aderência da programação	Todos os dias a planta deve cumprir o cronograma conforme o planejado e o cronograma devem ser de tamanho razoável para que ele possa na verdade, ser completado.
<i>Layout</i> dos equipamentos	A disposição do equipamento deve corresponder à sequência de operações e deve minimizar o manuseio de material.
Projeto da fábrica	Fase de projeto do produto / processo.
Integração com clientes para controle da qualidade	Envolvimento do cliente é considerado um elemento-chave na melhoria da qualidade e, portanto, sugestões de melhoria são solicitadas pelos clientes.
Controle de processo	Uso de controle estatístico de processo para manter o controle sobre os processos de produção. Em particular, considera o quanto o equipamento está sob controle estatístico de processo.
Integração com fornecedores para controle da qualidade	Fornecedores certificados são escolhidos por critérios de qualidade.
Manutenção	A manutenção é realizada numa base regular. Parte do dia (um turno) é dedicada à manutenção. A manutenção preventiva é feita regularmente.
Integração funcional / coordenação para tomada de decisão	Funções e departamentos trabalham em integrados de modo a manter o processo de tomada de decisão: departamentos não parecem estar em constante conflito, gerentes funcionam bem em conjunto com as decisões importantes e em geral todas as pessoas no trabalho da planta se mantêm integrado.
Redução do tempo de <i>setup</i>	Presença de equipamentos de menor tempo de <i>setup</i> e esforços contínuos com o propósito de reduzi-los.

Forza (1996) levantou algumas hipóteses quanto à identificação das práticas de organização do trabalho relacionadas estreitamente com as práticas da produção enxuta:

Hipótese 1: plantas de produção enxuta são caracterizadas por um maior comprometimento dos colaboradores quanto à melhoria contínua da qualidade.

Comprometimento dos colaboradores com a melhoria contínua da qualidade é a forma mais conhecida de envolvimento dos trabalhadores. É fundamental, a fim de manter os processos sob controle e para melhorá-los. É, portanto, um pré-requisito tanto para o contexto TQM quanto para o contexto JIT.

Observação (1): essa hipótese vai de encontro com a análise e percepções dos dados do estudo de caso do presente trabalho, o qual define a necessidade de convergência desses dois contextos para o êxito da transformação do sistema de produção tradicional para o sistema enxuto representando a questão destacada nas considerações finais do presente trabalho quanto a gestão do conhecimento.

Hipótese 2: plantas de produção enxuta são caracterizadas por uma maior utilização de equipes pequenas para resolver eventuais problemas. A Tabela 2 mostra as principais práticas de organização do trabalho.

Tabela 2 – Práticas de organização do trabalho (*Work organization in lean production*). Fonte: Forza (1996).

Variável	Definição
Compromisso com a melhoria contínua da qualidade	Os funcionários acreditam que a melhoria da qualidade é responsabilidade deles e eles trabalham para melhorar a qualidade.
Pequenas equipes resolvendo problema	O uso eficaz de equipes pequenas para resolver problemas. As equipes são usadas, e as opiniões e ideias dos membros da equipe são pesquisadas antes de tomar decisões, os membros da equipe são encorajados a tentar resolver seus próprios problemas. As equipes foram realmente eficazes na melhoria dos processos e na resolução de problemas.
Sugestões dos funcionários (realização e <i>feedback</i>)	Sugestões consideradas pertinentes, realização e <i>feedback</i> de sugestões dos trabalhadores. Trabalhadores e supervisores percebem que os gestores avaliam todas as sugestões de melhoria de processos a sério. Gestores realmente dizem por que determinadas sugestões são implementadas ou não, e muitas sugestões são realmente implementadas.
Supervisores incentivam trabalho em equipe	Supervisores incentivam com sucesso os trabalhadores a trabalhar em equipe, incluindo a exposição de suas opiniões e cooperam uns com os outros para melhorar a produção.
Interações entre gestão, técnicos e trabalhadores / supervisores	Alto nível de interação entre gestão, engenheiros e trabalhadores / supervisores no chão de fábrica. Atuação dos engenheiros de produção no chão de fábrica para prestar assistência rápida, o gerente da fábrica é visto no chão de fábrica quase todos os dias.
Feedback sobre o desempenho de qualidade aos supervisores	<i>Feedback</i> para os gerentes e diretores sobre o desempenho da qualidade e redução das perdas.
<i>Feedback</i> aos trabalhadores sobre a qualidade	Os trabalhadores recebem <i>feedback</i> em tempo real e altamente visível do atual nível de qualidade do processo, como a taxa de defeitos ou o indicador de frequência da quebra de máquina, utilizando ferramentas de comunicação altamente visíveis, gráficos publicados no chão de fábrica.
Descentralização da autoridade	No nível em que os funcionários possam tomar decisões sem consultar seus supervisores.
Autonomia do trabalhador	Os trabalhadores estão autorizados a interromper a produção em caso de problemas graves decorrentes e, acima de tudo, se surgirem problemas de qualidade.
Colaboradores multifuncionais	Os colaboradores são treinados para realizar uma variedade de tarefas / trabalhos e qualificados de modo que possam preencher qualquer outra função na área em que sua equipe está alocada, se necessário.
Os colaboradores executam o controle estatístico de processo	Uma grande parte dos colaboradores da fábrica tem a capacidade de executar o controle estatístico de processo de forma autônoma.
Os colaboradores realizam a manutenção	A manutenção do equipamento usado para a produção é realizada pelos colaboradores, em vez de um grupo específico de manutenção.
Documentação dos procedimentos de produção	Uso sistemático de documentação clara, de fácil acesso e com data de atualização, dos procedimentos ou instruções de trabalho de produção.

A utilização de equipes pequenas na solução de problemas é um dos meios disponíveis, a fim de melhorar o sistema produtivo. A resolução de problemas conduz a uma melhoria da qualidade e um maior controle dos processos de produção, e para o seu desempenho, obtendo-se assim, fluxos rápidos e mais confiáveis, sendo todos estes aspectos típicos de um sistema de produção enxuta. Forza (1996) reforça que o colaborador em uma fábrica de produção enxuta também participa da redefinição do processo de produção por meio de sua participação na resolução de problemas.

Hipótese 3: plantas de produção enxuta são caracterizadas por uma maior consideração de sugestões de trabalho para a melhoria.

Forza (1996), apoiado na visão de vários autores, afirma que é de se esperar que em plantas enxutas o colaborador possa contribuir para a concepção / redesenho do sistema de produção por intermédio de sugestões adequadas. Se o trabalhador continua a fazer boas sugestões e não repetir as inúteis, é essencial para ele perceber que suas sugestões são levadas a sério. É importante que o colaborador identifique suas sugestões colocadas em prática, ou se não, as razões para a rejeição da sua proposta.

Hipótese 4: plantas de produção enxuta são caracterizadas por uma maior interação dos colaboradores com a supervisão.

É de se esperar que o papel dos supervisores seja visivelmente diferente na produção de enxuta. Os supervisores não são mais controladores e programadores de trabalhadores. Em um ambiente em que cada membro tem de contribuir para a melhoria do sistema, os supervisores têm a tarefa de criar um clima favorável ao envolvimento de cada indivíduo e que os encoraja a discutir suas ideias.

Hipótese 5: plantas de produção enxuta são caracterizadas por um maior contato entre os gestores, engenheiros e trabalhadores.

É de se esperar que gestores de produção enxuta e engenheiros circulem no chão de fábrica com mais frequência e mantenham diálogo com os trabalhadores com mais frequência, a fim de obter informações diretas sobre os problemas de produção. Este tipo de comunicação direta modifica a percepção da importância da função desempenhada pelo colaborador. Como resultado do aumento da presença dos gerentes e engenheiros, o *workshop* adquire maior importância para todos reduzindo a percepção de barreiras hierárquicas e funcionais pelos colaboradores.

Observação (2): essa hipótese vai de encontro com a análise e percepções dos dados do estudo de caso do presente trabalho, o qual define a necessidade da entre os níveis de supervisão da manufatura com foco no apontamento do desempenho das equipes.

Hipótese 6: plantas de produção enxuta são caracterizadas por um *feedback* rápido.

Um sistema de produção enxuta tem a característica de ser capaz de se adaptar rapidamente às pequenas variações de demanda e de tentar reduzir a variância do processo. O *feedback* diretamente para os trabalhadores e supervisores é essencial para atingir esse desempenho sistêmico. Quanto maior a quantidade de *feedback*, quanto maior o número de fatores que podem ser mantidos sob controle, bem como o número de pessoas que têm a informação necessária para tomar uma ação corretiva.

Hipótese 7: As plantas de produção enxuta são caracterizadas por uma maior descentralização da autoridade.

Maior descentralização da autoridade torna possível lidar com a incerteza e aumentar a eficiência do processo de tomada de decisão. Um sistema com mais descentralização da autoridade deve, portanto, ser mais reativo, uma qualidade que parece apropriada para o modelo de produção enxuta. A maior descentralização da tomada de decisão também é inerente ao trabalho em equipe e solução de problemas em grupo.

Além disso, a tomada de decisão participativa tem um impacto positivo sobre o desempenho de qualidade: um bom exemplo é a possibilidade de parar o fluxo de produção, devido a problemas de qualidade.

Hipótese 8: plantas de produção enxuta são caracterizadas por uma maior utilização de funcionários multifuncionais o que garante maior flexibilidade da força de trabalho necessária ao bom desempenho do sistema uma vez o JIT requer que o tempo ocioso gerado pela rigidez das descrições de cargos tradicionais seja eliminado. Colaboradores do sistema de produção enxuta no contexto JIT são, portanto, qualificados para atuar em multi-funções, com a capacidade de executar várias máquinas, fazer o seu próprio controle de qualidade e solucionar problemas de qualidade. O objetivo é reduzir o tempo do trabalho em andamento e minimizar qualquer equipamento ocioso, instalações ou pessoal indireto. Em particular, é de se esperar que os operadores façam o seu próprio controle de qualidade e de documentos para melhorar o seu próprio desempenho, uma vez que esta está associada a uma melhor qualidade de desempenho.

Também é de se esperar que os trabalhadores devam saber como manter suas próprias máquinas com o objetivo de adotar a tecnologia mais simples possível e, ao mesmo tempo em que visa reduzir pessoal indireto e aumentar o domínio do processo de cada operador.

Flexibilidade da força de trabalho é particularmente importante para que o sistema de produção possa ser adaptado a variações de *mix* e volume de produtos acabados, e de modo que o sistema de produção não seja sensível à ausência de trabalhadores. Portanto, flexibilidade auxilia na programação da produção e avanço do fluxo de trabalho.

Hipótese 9: plantas de produção enxuta são caracterizadas por uma melhor documentação dos processos de chão de fábrica.

Na produção enxuta à realização de uma boa gestão de processos e melhor documentação dos procedimentos do chão de fábrica é importante, a fim de minimizar a probabilidade de erro do operador. Documentos de procedimentos ou instruções de trabalho claras e concisas com a respectiva data de atualização da documentação também aumenta a flexibilidade dos operadores, uma vez que é mais fácil descobrir e aprender as atividades reais. Documentação adequada também garante o resultado na solução de problemas pela equipe, sugestões dos empregados e os esforços de melhoria contínua. Documentação relativa aos procedimentos de produção é ainda um meio pelo qual a planta pode adquirir o conhecimento que vale a pena e informação.

É importante enfatizar que na produção enxuta a realização de uma boa gestão de processos e documentação dos procedimentos a serem realizados no chão de fábrica por operação é fundamental, a fim de minimizar a probabilidade de erro do operador. Neste contexto instruções de trabalho concisas e claras com atualização periódica da documentação também aumenta a flexibilidade dos operadores, uma vez que é mais fácil descobrir e aprender as atividades reais que devem ser realizadas.

Documentação atualizada corretamente em tempo real demonstra o resultado da resolução de problemas pela equipe responsável, indicando que as sugestões dos colaboradores e os esforços de melhoria contínua estão evoluindo. Toda documentação relacionada aos procedimentos de produção é ainda um meio por meio do qual a fábrica pode adquirir o conhecimento de que vale a pena ter e disponibilizar a informação. O autor considera dois tipos de práticas de organização do trabalho.

O primeiro inclui as práticas que estão intimamente ligadas a práticas de produção enxuta, como JIT e TQM.

O segundo lida com essas práticas, envolvendo recrutamento, remuneração promoção e formação, fortemente influenciadas pelas políticas de gestão de recursos humanos, e que refletem a visão gerencial de cada empresa, o contexto industrial, o mercado de trabalho, o contexto cultural e o setor ou país de origem.

Segundo o autor o resultado da pesquisa é que as plantas com sistema de produção enxuto parecem usar mais equipes para resolver problemas, levar as sugestões dos colaboradores mais a sério, dependem mais fortemente do *feedback* da qualidade tanto dos trabalhadores quanto dos supervisores, a fim de documentar os procedimentos de produção com mais cuidado e ter funcionário capaz de executar uma grande variedade de tarefas, incluindo controle estatístico de processo.

Sistemas de produção enxuto demonstram pequena diferença, ou mesmo nenhuma diferença, com relação aos aspectos de organização do trabalho que envolve hierarquia: mesmo que as sugestões dos colaboradores são levadas mais a sério, não parece que os supervisores e trabalhadores particularmente a favor da atuação como uma equipe, mantendo a integração entre gerência, engenharia e operários represente uma característica considerada fortemente como um diferencial, mesmo quando abordado aspectos específicos do sistema *Lean* como a autonomia do trabalhador não é um fator significativo de diferenciação.

Entre as diversas práticas de organização do trabalho há casos em que essas práticas podem ser consideradas indispensáveis para um sistema enxuto, enquanto que outras práticas se adaptam bem ao sistema *Lean*, mas exigem mais tempo de implantação e pode ser introduzida posteriormente.

Um aspecto relevante que deve ser considerado é o fato de que os resultados são influenciados pelo país em que a planta está situada. Outro aspecto relevante é o papel das práticas de gestão de recursos humanos, que são necessárias a fim de manter as práticas consideradas ao longo do tempo.

2.2 Caracterização da Produção Enxuta (PE)

Segundo Womack e Jones (1997), o sistema de produção enxuta, é um sistema de produção que permite enviar respostas rápidas aos clientes por meio da flexibilidade do *mix* e do volume, produzindo produto de qualidade, de baixo custo de produção e de forma rápida. A maneira de se atingir esta situação é a eliminação de desperdícios ao longo de toda cadeia produtiva da empresa

De acordo com Womack; Jones e Roos (2004) os condutores da produção artesanal para a produção em massa foram Henry Ford e Alfred Sloan da General Motor, após a primeira guerra mundial, caracterizando o primeiro sistema de produção com origem na indústria automobilística.

O segundo sistema, Sistema Toyota de Produção (TPS - *Toyota Production System*) nasceu no Japão após a segunda grande guerra mundial com diferenças significativas do primeiro, embora com similaridade quanto a determinados fundamentos do sistema de produção em massa como a eliminação de desperdícios e a padronização.

Conforme George (2002) foi Henry Ford o propulsor da redução e eliminação de desperdícios com a descoberta de que o inventário diminuía a velocidade dos processos e aumentava os custos no sistema produtivo.

Porém, os pioneiros no conceito da PE foram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno na fábrica japonesa da Toyota. Esta metodologia foi desenvolvida e implantada com sucesso, devido às condições que o Japão se encontrava após a segunda guerra mundial, situação esta que era completamente oposta às empresas do ocidente.

O Japão passava por um momento de crise financeira sem recursos econômicos, materiais e mão de obra qualificada para a indústria nacional. Tendo estas dificuldades foi desenvolvido um sistema de produção focado na redução de desperdícios, fato que levou a indústria japonesa a um grande salto de produtividade e desenvolvimento, sendo que este sistema de produção foi aderido por outras empresas no Japão.

Segundo Womack e Jones (2004a) o sistema de PE tem por objetivo melhorar o relacionamento entre fornecedor e cliente no aspecto de cadeia de fornecimento, desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo o qual é possível fazer cada vez mais com menos recursos, com menos tempo, menor espaço, menos esforço humano, menos máquina e menos custo, com o objetivo de fornecer ao cliente o que ele realmente deseja.

A PE aborda uma série de princípios para a eliminação de desperdício durante o processo de produção de um produto, buscando atingir a expectativa dos clientes (MACDONALD, VAN AKEN e RENTES, 2000).

De acordo com HINGES (2000); são 5 os princípios da PE:

1. Especificar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente. Ao contrário do que tradicionalmente se faz, ou seja, não se deve avaliar sob a óptica da empresa ou de seus departamentos;
2. Identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios;
3. Promover ações a fim de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas;

4. Produzir somente nas quantidades solicitadas pelo cliente;
5. Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios.

De acordo com Womack e Jones (1998) e Taiichi Ohno (1997) existem sete tipos de desperdícios para o sistema de PE:

1. **Superprodução:** produzir em excesso ou cedo de mais para o consumo da linha de produção, gerando estoques desnecessários e aumento do inventário da empresa.
2. **Espera:** grandes períodos de ociosidade de pessoas, informações e matéria-prima, gerando um *Lead Time* muito alto.
3. **Transporte excessivo:** movimentações desnecessárias de pessoas, material e informação, gerando um custo extra de capital, tempo e energia.
4. **Processos inadequados:** utilização de ferramental, sistemas e procedimentos inadequados que demandam tempo de processo a mais que o necessário e com a possibilidade de gerar peças não conforme no processo.
5. **Inventário desnecessário:** armazenamento excessivo de peças e falta de informação e produtos gerando custos extras e um atendimento ineficiente ao cliente.
6. **Movimentação desnecessária:** ambiente de trabalho desorganizado, obrigando uma maior movimentação do operador resultando em baixo rendimento, riscos ergonômicos e perdas freqüentes de itens.
7. **Produtos defeituosos:** problemas críticos no processo produtivo que causa produtos não conformes resultando em retrabalhos e gerando custos desnecessários.

Conforme Womack e Jones (2004a) para tornar um processo enxuto são necessários à utilização de 5 princípios:

1. **Especificação do valor** – ou seja, o cliente que define o custo do produto, baseado no que realmente agrega valor no processo produtivo.

2. **Identificação do Fluxo de Valor** – é o fluxo de valor e toda atividade requerida que se realiza na manufatura de um produto, desde o desenvolvimento do produto, controle de informações e operações na linha de produção que promovem a transformação da matéria prima em produto.
3. **Criação de Fluxos Contínuos** – um fluxo de valor contínuo é as etapas de um processo que agregam realmente valor no produto alinhado de modo a criar um fluxo contínuo tendo sempre o foco no produto e nas suas necessidades, e não nas máquinas e equipamentos, tendo que reduzir as atividades que não agregam valor ao produto como objetivo.
4. **Trabalhar com Base na PE** – é fazer com que os clientes recebam os produtos necessários no momento certo, criando assim a produção puxada e minimizando os desperdícios encontrados nos sistemas de produção empurrada.
5. **Busca da Perfeição** – que prega a utilização dos outros quatro princípios mencionados acima de forma que os mesmos interajam e desencadeie um processo de eliminação de desperdício contínuo e sustentável.

2.3 Contextos do Sistema *Lean Manufacturing*

O conteúdo deste tópico contém uma abordagem teórica dos quatro contextos estudados no desenvolvimento da dissertação: JIT, TPM, HRM e TQM, com o propósito de medir o grau de aderência das práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing*. O primeiro contexto abordado é o JIT e na sequência os outros três contextos o TPM, HRM e o TQM.

Conforme Werkema (2006), o *Lean Manufacturing* representa uma mudança cultural da organização, sendo uma meta de difícil conquista em curto prazo, a utilização das suas ferramentas não garantem o total sucesso da implantação do sistema de produção enxuta.

Para Womack e Jones (2004a), as principais ferramentas para colocar o sistema *Lean Manufacturing* em prática são: Métricas *Lean*, VSM - Mapeamento de Fluxo de Valor, *Kaizen*, *Kanban*, Padronização, 5S, SMED, TPM, JIT, HRM, TQM, *POKA-YOKE* e Gestão Visual.

Métricas Lean – de acordo com Werkema (2006) as métricas do *Lean* são medidas que possibilitam a quantificação de resultados da organização quanto à velocidade e eficiência dos mesmos. Estas métricas podem ser utilizadas para a definição de metas a serem alcançadas em processos de melhoria contínua.

De acordo com o livro *Léxico Lean* (2003), as métricas são definidas conforme descrito a seguir:

- **Tempo de Ciclo (CT – Cycle Time):** Frequência com que um produto é finalizado em um processo;
- **Lead Time (LT):** Tempo necessário para um produto percorrer todas as etapas de um processo ou fluxo de valor, do início até o fim;
- **Tempo de Agregação de Valor (VAT – Value Added Time):** Tempo dos elementos de trabalho que realmente transformam o produto de uma maneira que o cliente se disponha a pagar;
- **Tempo de Não Agregação de Valor (NVAT – Non Value Added Time):** Tempo gasto em atividades que adicionam custos, mas não agregam valor do ponto de vista do cliente;
- **Eficiência do Ciclo do Processo (PCE – Process Cycle Efficiency):** Indicador que mede a relação entre o tempo de agregação de valor e o Lead Time;
- **Taxa de Saída (Throughput):** Resultado de um processo ao longo de período de tempo definido, expresso em unidade / tempo;
- **Trabalho em Processo (WIP – Work in Process):** Itens que estão dentro dos limites do processo, isto é, que foram admitidos no processo, mas ainda não foram liberados;
- **Tempo de Setup ou Tempo de Troca (Changeover Time):** Tempo gasto para alterar a produção de um tipo de produto para outro;
- **Tempo Takt (Takt Time):** Tempo disponível para a produção, dividido pela demanda do cliente;
- **Eficácia Total do Equipamento (OEE – Overall Equipment Effectiveness):** Indicador de Manutenção Produtiva Total que mede o grau de eficácia no uso de um equipamento.
- **Kaizen** – segundo (IMAI, 1994) kaizen é a palavra que significa melhoramento em japonês, no contexto de qualidade significa melhoramento contínuo com envolvimento de todos na organização desde o chão de fábrica até a alta direção. Ainda na visão de (IMAI, 1994), kaizen são pequenos melhoramentos feitos no status, que como resultados dos esforços produzem imediatos e eficientes sem grandes investimentos.

- **VSM – Mapeamento de Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)** - o mapeamento do fluxo de valor é o simples processo de observação direta dos fluxos de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com um melhor desempenho (WOMACK e JONES, 2004).
- **Redução de *Setup*** – de acordo com Shingo (1996), os tempos de *setup* são definidos como o tempo decorrente entre a produção da última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do lote seguinte, para a redução deste tempo de *setup* foi desenvolvida uma metodologia chamada de SMED (*Single Minute Exchange of Die*) ou TRF (Troca rápida de Ferramenta), que tem por objetivo reduzir o tempo de *setup* para patamares inferiores há 10 minutos.
- ***Kanban*** – Moura (1989) define *kanban* como uma ferramenta de auxílio ao alcance das metas do JIT e que é responsável pela produção e controle de inventário no piso da fábrica (por intermédio do movimento do cartão *kanban*). É um método simples e visa “puxar” as necessidades de produtos acabados.
- **Padronização do Trabalho** – segundo Werkema (2006), a padronização do trabalho é um método que consiste em indicar o procedimento de execução das operações realizadas pelos operadores, tendo em vista alcançar resultados e mantê-los por meio da padronização. No contexto do *Lean Manufacturing* a padronização na execução dos trabalhos tem o objetivo de atingir a qualidade do processo e o tempo de ciclo do produto.
- **Gestão Visual** – é a fixação de ferramentas e indicadores do processo em local de fácil visualização dos membros da célula. A gestão visual também auxilia no entendimento da gestão e funcionamento da célula de forma rápida e objetivo por todos da empresa. (*Léxico Lean, 2003*).
- **5S** – é uma prática utilizada para nas indústrias que se baseia em 5 sentidos, são eles:
 - Separar (*Seiri*): separar os itens utilizáveis dos obsoletos e descartar os mesmos.
 - Organizar (*Seiton*): organizar o local ou posto de trabalho.
 - Limpar (*Seiso*): limpar o posto de trabalho com frequência.
 - Padronizar (*Seiketsu*): padronizar os trabalhos que obtiverem resultados satisfatórios.
 - Disciplinar (*Shitsuke*): disciplinar as pessoas para sustentar os sentidos anteriores (*Léxico Lean, 2003*).
- ***Poka Yoke*** – conforme WERKEMA (2006), *poka-yoke* é qualquer mecanismo utilizado para evitar que erros recorrentes nos processos produtivos voltem a acontecer novamente. Em japonês a tradução para *poka-yoke* é a prova de erro.

O JIT foi o precursor da filosofia descrita sendo concebido por Ohno inspirado em prateleiras de um supermercado norte Americano, onde os consumidores retiram o que necessitam, quando necessitam e na quantidade que necessitam. A adaptação desta forma de aquisição de materiais somente para o consumo instantâneo pela indústria se caracterizou como uma ferramenta de produção e não como um sistema de produção (CORIAT, 1994).

De acordo com OHNO (1997), JIT significa que em um processo de fluxo de montagem, os componentes necessários para a montagem de um determinado produto alcançam a linha de produção no momento correto e na quantidade necessária.

As empresas que aplicam este fluxo de consumo de material tendem a alcançar o estoque zero, segundo Ohno, do ponto de vista da gestão de produção, este é o estado ideal, portanto o mesmo adverte que é muito difícil aplicar a ferramenta JIT ao plano de produção de todos os processos de fabricação ou montagem envolvidos de forma ordenada em um produto que é feito por milhares de componentes e vários processos diferentes.

O aspecto básico do JIT é produzir bens de consumo ou prestar serviços quando é solicitado, ou seja, somente quando é necessário ou solicitado pelo cliente sem gerar estoques e atrasos para o mesmo.

Além desse elemento temporal podem-se adicionar as necessidades de eficiência e qualidade, sendo que para isto faz-se necessário a manutenção de estoques amortecedores. O objetivo do estoque amortecedor é manter um isolamento entre as etapas de produção, de forma que caso ocorra uma interrupção da linha de produção em uma etapa, a próxima deve se manter produzindo, pelo menos até a interrupção seja eliminado (SLACK, et al. 2002).

Uma ferramenta de auxílio muito importante para o JIT é o *Kanban* já abordada neste trabalho. A forma de “puxar” a produção a partir da demanda gerada pelo cliente, produzindo em cada etapa somente o necessário, na quantidade necessária e no momento certo, ficou conhecida no ocidente como *Kanban*. A palavra kanban é de origem japonesa e seu significado é sinal ou cartão. (*Léxico Lean, 2003*)

Em certas situações também é chamada de “correia invisível”, pois controla a transferência de material de uma etapa para a outra no processo de fabricação ou de montagem, em utilização.

Em sua forma mais simples, é um cartão utilizado pelo processo de fabricação anterior para informar ao processo fornecedor de que mais materiais de consumo devem ser enviados. (*Léxico Lean, 2003*).

Os *kanbans* podem ser classificados basicamente em três tipos:

- **Kanban de Transporte:** é utilizado para comunicar um processo anterior de que o material pode ser retirado do estoque e transferido para o destino solicitado. Neste tipo de cartão *kanban* terá informações como número do componente, descrição específica do componente, local de retirada do componente e destino de alocação do mesmo. (*Léxico Lean, 2003*)
- **Kanban de Produção:** é um sinal para o processo de produção para comece a produzir o item para abastecer o estoque do processo anterior, neste tipo de *kanban* normalmente constam informações como número e descrição do componente, material necessário para a produção do componente, descrição do próprio processo, além do destino de envio do material após ser produzido. (*Léxico Lean, 2003*)
- **Kanban de Fornecedor:** é usado para comunicar ao fornecedor que é necessário enviar material ou componente para um processo da produção, neste sentido o mesmo é um *kanban* de transporte, porém normalmente utilizados para integrar fornecedores externos. (*Léxico Lean, 2003*)

É evidente que o uso do sistema de coordenação de ordens *Kanban* de acordo com o escopo da estratégia de planejamento e controle da produção JIT prevê um fluxo de produção balanceado a partir de uma lógica de movimentação de materiais construída com o propósito de reduzir o estoque em processo (*Work in Process*) e o tempo de fluxo. (*Léxico Lean, 2003*)

Contudo, a redução das perdas de tempo durante o processo de fabricação é fundamental para se alcançar tal objetivo o que somente será possível a partir do padrão de qualidade que o processo de fabricação deve garantir e da minimização ou eliminação das quebras de equipamentos durante o processo, havendo também a necessidade de controlar e gerenciar o processo nos outros contextos mencionados na dissertação: TPM, TQM e HRM.

O contexto TPM traduzido como manutenção produtiva total teve a sua origem no Japão na década de 70 como uma alternativa a manutenção corretiva tradicional nas empresas japonesas naquela época. O TPM se adequou perfeitamente as exigências de disponibilidade integral das máquinas no sistema de produção sem estoques (GHINATO, 1996; YAMASHINA, 2000; KENNEDY, 2002).

De acordo com Wireman (1998), o TPM é um dos conceitos mais mal entendidos e aplicados nas organizações modernas.

O TPM não é só um programa de melhoria com foco em manutenção, mas sim uma filosofia operacional planejada que envolve todos os membros da organização, desde a alta direção até os operadores na linha de produção.

Uma das características do TPM é a Manutenção Autônoma, que tem como base as atividades de pequenos grupos existentes nas empresas japonesas como círculo de controle da qualidade (CCQ), atividades dos grupos ZD (Zero Defeitos) e atividades JK (*Jishu Kanri* –

Controle Autônomo) que definem e consolidam a ideia de que o serviço deve ser auto controlado (NAKAJIMA, 1989). O TPM foi aprimorado pelo JIPM “*Japan Institute of Plant Maintenance*” em 1971 e implantado na indústria japonesa, mais precisamente na Nippon Denso, uma empresa pertencente ao grupo Toyota. Os conceitos do TPM foram trazidos para o Brasil em 1986 (WYREBSKI, 1998; KENNEDY, 2002).

Conforme Nakajima (1993), a evolução do sistema de manutenção se apoiou em 4 fases distintas no Japão: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção do Sistema de Produção e TPM.

A fase TPM foca a redução de custos de equipamentos no seu ciclo de atuação, realizando a combinação entre a manutenção preventiva com melhorias sustentáveis.

Cada uma das letras do TPM possui um significado próprio conforme descrito a seguir por Nakajima, (1993):

- **T (Total):** no sentido de eficiência global dos equipamentos com relação à vida útil do sistema de produção e na participação de todas as áreas da empresa.
- **P (Productive):** significa a busca do sistema de produção pela máxima eficiência, atingindo zero defeito, quebras, falhas e acidentes zero.
- **M (Maintenance):** significa manutenção no sentido amplo, tendo como objetivo o ciclo total de vida útil do sistema de produção.

O segundo contexto mencionado, TQM de acordo com Francisco (2003), os estatísticos foram os primeiros estudiosos da qualidade, destaque para Juran e Deming que eram especialistas em controle da qualidade.

Juran e Deming são considerados “os pioneiros da qualidade” e abordavam a melhor forma de planejar, organizar e controlar o processo produtivo. No Japão Kaoru Ishikawa demonstrou aos ocidentais a facilidade de implantação e disseminação da cultura da qualidade em vários níveis hierárquicos das organizações.

Conforme Algarte e Quintanilha (2000, p. 13) com o avanço tecnológico e a globalização da economia mundial, tornaram-se necessário a padronização de requisitos da qualidade.

Uma das ações de grande importância para a construção do escopo deste contexto foi a elaboração de uma série de normas criadas pela *Internacional Organization Standardization* (ISO) a série 9000.

Conforme Crosby, (1999) a Gestão Total da Qualidade (GTQ ou TQM) significa criar em uma organização cultura de qualidade total, em que todas as transações são claramente entendidas e eficientemente realizadas pelos colaboradores, fornecedores e clientes, com foco na qualidade de todas as atividades realizadas pela empresa.

Segundo a norma NBR ISO 8402 (1994) a gestão da qualidade total em uma organização tem como base a participação de todos os colaboradores envolvidos nos processos industriais, visando em longo prazo o sucesso da empresa de acordo com a satisfação do cliente e dos benefícios para todos os membros da organização e sociedade.

Feigenbaum (1994) caracteriza o sistema de gestão da qualidade como um sistema capaz de realizar a integração do desenvolvimento, manutenção e melhoria contínua da qualidade da organização como um todo, possibilitando as áreas de engenharia, produção, *marketing* a serviços ao nível mais econômico, para que a satisfação do cliente seja plena com relação ao produto ou serviço prestado.

O TQM é um sistema que apresenta várias vantagens para a organização que se propõe a utilizá-la.

As vantagens podem ser notadas na redução do tempo de desenvolvimento do produto e mudanças no projeto, na redução de problemas detectados pelo cliente, no custo de produção e na redução de não conformidades nos processos internos.

Da mesma maneira que a TQM possibilita aumentar o atendimento ao nível de exigências dos clientes, assim como melhorar a comunicação entre os departamentos da empresa, aumentando assim o nível de aprendizado entre os mesmos. (OAKLAND ;1994)

Conforme Cheng (1995), a implantação dos programas de qualidade representou para as organizações um aprimoramento de forma contínua dos produtos e da forma de como os mesmos são produzidos, mas também do desempenho global e dos relacionamentos entre as pessoas da organização.

A qualidade de vida no ambiente de trabalho também é fruto da implantação dos programas de qualidade.

O TQM sob um ponto de vista mais amplo não é constituído por apenas um conjunto de atividades, eventos e procedimentos a serem realizados e cumpridos, é baseado em políticas sólidas que requer o cumprimento de acordos com requisitos claros para as

transações, educação e treinamento contínuos, atenção aos relacionamentos e envolvimento da gerência nas operações, seguindo a filosofia da melhoria contínua. (Campos; 1990)

A Gestão pela Qualidade Total é útil em todos os tipos de organização por tratar-se de uma abordagem abrangente que visa melhorar a competitividade, a eficácia e a flexibilidade de uma organização por meio de planejamento, organização e compreensão de cada atividade, envolvendo cada indivíduo em cada nível.

Para Millett *et al.*. (1993) os princípios da Gestão da Qualidade Total são os seguintes:

1. Total satisfação dos clientes;
2. Desenvolvimento de recursos humanos;
3. Constância de propósitos;
4. Gerência participativa;
5. Aperfeiçoamento contínuo;
6. Garantia da qualidade;
7. Delegação;
8. Não aceitação de erros;
9. Gerência de processos;
10. Disseminação de informações.

Na GQT tem se gerenciamento das rotinas do sistema que são realizadas por todos os membros da organização e também o gerenciamento da melhoria que é de responsabilidade total da alta administração.

Os conceitos envolvidos no contexto TQM:

- **Qualidade** – Conjunto de requisitos de um produto ou serviço prestado que atende ou supera a expectativa do cliente, sendo que neste está incluso preço e prazo adequado e pós venda eficiente.
- **Produtividade** – Custo reduzido na execução de um produto ou serviço prestado, sem acréscimo de mão de obra e com níveis de qualidade satisfatórios.
- **Competitividade** - Produtos ou serviços de qualidade superior e/ou de custo menor que os dos concorrentes nacionais e internacionais.

O último contexto, HRM, de acordo com Kaufam (2002), representa o modelo de gestão de pessoas atualmente pesquisado em universidades e habitualmente utilizado no mundo empresarial. Teve seu início nos Estados Unidos da América entre os anos de 1910 e 1920.

Ao longo das últimas décadas várias denominações foram designadas para este modelo de gestão de pessoas, como gestão do trabalho, relação de trabalho, administração de pessoal, gestão dos empregados, relação dos empregados, relações industriais, gestão das relações industriais, em torno de 1950 foi definido como Gestão de Recursos Humanos e recentemente foi designado o termo de Gestão de Pessoas. (Bohlander; Snell; Sherman, 2003)

A prática corporativa que tem por finalidade promover a qualidade de vida dos seus funcionários está inserida dentro do contexto do modelo de gestão de pessoas atualmente.

Para Limonge França (2007) é de suma importância desenvolver em gestores da operação e executivos das organizações industriais a competência de gestão da qualidade de vida, pois este tema está fortemente vinculado à chamada gestão por competência.

De acordo com Bohlander; Snell; Sherman, (2003) a função RH é vista como uma atividade mais ampla de que faz parte a análise e descrição de cargos, recrutamento e seleção, treinamento e desenvolvimento, avaliação de desempenho e gerenciamento de remuneração.

Meshoulam (1984) menciona que para o entendimento e aplicação da função de gestão de pessoas é necessário ter clara três etapas:

- **Primeira Etapa:** pessoas e organizações são dinâmicas e mudam constantemente. Esta característica tem foco na dinâmica do processo de mudança e explica a organização e a função gestão de pessoas.
- **Segunda Etapa:** nas atividades de gestão de pessoas foram acrescentadas novas experiências, conhecimentos e habilidades ao longo do tempo em resposta as mudanças necessárias à organização.
- **Terceira Etapa:** a função gestão de pessoas tem por responsabilidade analisar as habilidades de funcionários e da organização com um todo no dever de se adaptar e se ajustar às alterações do cenário externo.

A filosofia do sistema de produção enxuta é de fazer com que as suas práticas que formam o sistema como um todo integrem o fluxo de materiais e de informação do sistema, ou seja, visão sistêmica tornando possível às empresas conseguirem produzir produtos com alta qualidade, no prazo estipulado pelo cliente e sem desperdícios.

2.4 Fatores que Apoiam as Práticas de PE no Aumento do Desempenho

De acordo com White, Person e Wilson (1999), algumas evidências apontam que há fatores que podem contribuir diretamente para a aplicação de PE dentro das empresas, porém existem poucos trabalhos científicos que validam a interferência de alguns desses fatores na implantação e no desempenho de PE e os autores propõem que executar as práticas a partir da condução desses fatores de modo planejado e controlado é a forma de melhorar os processos produtivos de acordo com o previsto ou esperado.

Shah e Ward (2003) realizaram um trabalho científico com o propósito de analisar o nível de implementação de PE enxuta por meio dos capacitadores de cada prática.

Por capacitadores os autores definem como pessoas treinadas e capacitadas em PE, sendo as mesmas responsáveis por disseminar o conhecimento aos outros membros da organização.

O trabalho dos autores teve como instrumento de coleta de dados um questionário aplicado a 1.757 empresas em diversos ramos de atividades.

Cua (2001) analisou a implementação das práticas de produção enxuta dentro dos contextos JIT, TQM e TPM e seus impactos no desempenho operacional.

Osterman (1994) e MacDuffie (1995) mencionam a importância da gestão de recursos humanos (HRM) no desempenho das práticas de PE colocando em evidência que os colaboradores possuem um papel fundamental no sucesso e desempenho das práticas.

Os contextos estudados no desenvolvimento da dissertação foram utilizados com base nos trabalhos desenvolvidos por Shah e Ward (2003) que estudaram a relação entre os fatores contextuais como idade dos funcionários da planta, tamanho da planta, e nível de sindicalização em mais de 1750 empresas ao redor do mundo, tendo como ferramenta de coleta de dados um questionário com perguntas relacionadas aos fatores mencionados anteriormente.

Os fatores idade dos funcionários da planta, tamanho da planta e nível de sindicalização da empresa têm sido considerados como um grande entrave para a implantação do sistema de produção enxuta com base no sistema Toyota de Produção.

Outro estudo utilizado como referência bibliográfica para o desenvolvimento do atual trabalho foi a proposta de diretrizes para a avaliação dos impactos da produção enxuta sobre as condições de trabalho dos operadores que atuam efetivamente na linha de produção realizado por Ferreira e Saurin (2006).

O estudo apresentado pelo autor foi desenvolvido em uma empresa de montagem de tratores na região sul do Brasil, onde foi utilizado como ferramenta de coleta de dados um questionário que avalia 11 práticas de produção enxuta dentro de quatro contextos JIT, TPM, HRM e TQM. Ferreira (2006) propõe o uso do questionário para coleta de dados em campo com ênfase em práticas específicas de produção enxuta, como:

- 1) Integração da cadeia de fornecedores,
- 2) Operações padronizadas,
- 3) Nivelamento da produção,
- 4) Balanceamento da produção,
- 5) Troca rápida de ferramenta,
- 6) Gerenciamento visual,
- 7) Mapeamento do fluxo de valor,
- 8) Flexibilização da mão de obra,
- 9) Controle de qualidade zero defeitos, e
- 10) Melhoria contínua e manutenção produtiva total.

Tal abordagem motivou o autor do presente trabalho a fazer o uso do questionário para a coleta de dados da empresa objeto deste estudo. Neste caso, o questionário proposto por Ferreira (2006) foi adaptado para o presente trabalho de forma que a pontuação aplicada pelo entrevistado seja realizada percentualmente e não numericamente como o questionário original.

2.5 Análise Crítica da Manufatura Enxuta

Groebner and Merz (1994) destacam que na década de 1980 inúmeros *papers*, eventos internacionais e conseqüentemente projetos de pesquisa e de consultoria foram realizados a partir dos resultados operacionais obtidos pelas empresas japonesas, principalmente quando comparados aos resultados das indústrias ocidentais em um cenário, na maioria dos países, de inflação alta e recessão após a crise do petróleo na década de 1970 não resolvida plenamente na década de 1980.

Berggren (1993) enfatiza que o livro *The Machine that Changed the World* (A máquina que mudou o mundo) publicado por Jones P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos no início da década de 1990 a partir de um estudo do MIT combinam comparações empíricas com ousadia e abrangência tornando-se o livro mais influente na área de gestão da manufatura até então.

O livro destaca, segundo o autor, que o sistema Toyota de produção não é apenas o sistema mais eficiente de se fabricar automóveis, é o melhor modo de organização de todo tipo de indústria garantindo aumentos significativos de produtividade e melhoria da qualidade. O MIT na época prospectou que o STP iria se tornar um sistema de produção de padrão mundial do século XXI afirmando que o sistema *Lean Manufacturing* é um modo superior para os humanos fazerem as coisas.

They promised us a rose Garden. They gave us a desert.

(Phil Keeling, UAW President at Mazda's Flat Rock plant, 1990)

O recente renascimento do interesse internacional pela fabricação é discrepante com relação ao seu contraste com a euforia pós-industrial de décadas anteriores, está em todos os lugares, Europa e os EUA, bem como na Austrália, por uma busca de "melhores práticas" internacionais de gestão da produção. BERGGREN (1993).

Contudo, Berggren (1993) argumenta que a questão principal nesta área não é se deve ou não produzir em massa, mas se a manufatura deve produzir com grandes ou pequenos lotes. A importância do volume é inadvertidamente abordada no livro: A máquina que mudou o mundo, quando se atribui a fraca competitividade internacional da indústria automobilística mexicana para a pequena escala de apenas 25 mil carros anualmente por modelo: muito baixo, mesmo para montadoras que operam com o sistema de manufatura enxuta. A história da Nissan australiana confirma a importância da escala na produção de automóveis, para manufatura enxuta ou não.

A Nissan foi a primeira fabricante japonesa a construir uma planta no mercado australiano com o início das operações em 1966. A Mitsubishi e Toyota seguiram o exemplo. A Nissan nunca alcançou um volume suficiente. Em 1990, sua produção australiana totalizou 57.000 unidades, em 1991, o número caiu para 36.000. Em Fevereiro de 1992 a sede da Nissan em Tóquio anunciou que a empresa iria se retirar da Austrália. O volume era muito baixo para justificar a produção local. BERGGREN (1993).

Beggren (1993) menciona que na época a *Business Week* analisou o problema global da Nissan por um ângulo que demonstra que o mundo real é muito mais complicado. Flexibilidade não sai barato, até mesmo no Japão.

Menor variação de modelos e uso de componentes comuns. Ao mesmo tempo estão reformulando o sistema de produção deles para produzir com maior flexibilidade.

Volume de produção flexível e não a antítese da produção em massa é uma caracterização adequada do sistema de produção da Toyota. A preferência das indústrias japonesas por altos volumes e padronização, representa a base para uma variedade de características e opções de produto também ressaltado por Porter (1990). O estudo de Porter A Vantagem Competitiva das Nações contém uma análise muito mais convincente do dinamismo japonês do que é encontrado no texto do MIT. As empresas japonesas são muito competitivas em setores como carros, aparelhos eletrônicos, semicondutores e máquinas-ferramentas padronizadas.

Porter (1990) destaca que as empresas japonesas não apresentam o mesmo resultado, de modo geral, em indústrias ou segmentos que envolvem um alto grau de personalização para os compradores individuais, aplicações específicas, número elevado de suporte pós-venda, e pequenos tamanhos de lotes.

Segundo o autor o MIT argumenta que antes do advento do sistema Toyota, a produção em massa e algum vestígio da produção artesanal dominaram a produção industrial. Esta perspectiva pode ser considerada aproximadamente correta no setor industrial automotivo, mas é errônea como um quadro mais geral de análises envolvendo outros setores da indústria na época, visto que a maioria das atividades industriais não pode ser considerada em nenhuma dessas categorias: produção em massa e produção artesanal. Por exemplo, uma importante e forte razão que apoia esse argumento é o fato das indústrias mais competitivas Alemãs e Italianas (muitas delas de tamanho médio ou agrupadas como redes de empresas de pequeno porte), está relacionado com o fato de que essas indústrias nunca adotaram o padrão de produção em massa americano.

Na década de 1970 as indústrias japonesas fizeram um grande sucesso na exportação de carros para a América do Norte e na década de 1980 tiveram sucesso similar exportando seu sistema de produção. Essas plantas provam que o *lean production* não estava condenado ao contexto sócio cultural do Japão, o que era uma crença generalizada no início. PORTER (1990). Desse modo é fato que na década de 1980 surgiram novas instalações de indústrias Japonesas do setor automobilístico na América do Norte em um ritmo furioso, transferindo a concorrência interna feroz entre os fabricantes de automóveis no Japão para a América do Norte. Honda e Nissan foram às primeiras pioneiras ousadas, até o momento em que cada montadora japonesa passou a ter pelo menos uma unidade de produção na América do Norte. Tecnicamente a maioria das novas fábricas eram clones virtuais de plantas irmãs da matriz Japonesa. Segundo Totalmente equipadas com máquinas japonesas incluindo a automação industrial relacionada à robótica para prensas.

Berggren (1993) destaca também que o mais importante, a cultura de fabricação japonesa também foi transferida, como estratégia de abastecimento. Na gestão individual, no entanto, ocorreram desvios importantes do modelo japonês.

A Tabela 3 mostra a distribuição das plantas na década de 1990 das indústrias Japonesas na América do Norte.

Tabela 3 – Plantas das montadoras Japonesas na América do Norte na década de 1990. Fonte: Berggren (1993).

Fabricante	Localização	Início da operação	Produção 1990	Produção planejada (mil unidades)	Número de empregados planejado
Estados Unidos					
Honda	Marysville/Ohio	1982	430	510	8000
Nissan	Smyrn/Tennessee	1983	240	440	5100
NUMMI (Toyota & GM)	Fremont/California	1984	200	300	3400
Mazda	Flat Rock/Michigan	1987	180	240	3400
Diamond Star (Chrysler & Mitsubishi)	Normal/Illinois	1988	150	240	2900
Toyota	Georgetown/Kentucky	1988	220	440	5000
Subaru & Isuzu	Lafayette/Indiana	1989	70	120	1700
Canadá					
Honda	Alliston	1988	100	-----	-----
Toyota	Cambridge	1989	60	-----	-----
CAMI Automotive (Suzuki & GM)	Ingersoll, Ontario	1990	50	200	2200

As montadoras de automóveis Japonesas foram seguidas por centenas de fornecedores Japoneses. Contudo, somente quatro eram sindicalizadas - NUMMI, CAMI, Diamond Star e Mazda em função do link com as três grandes Americanas. De um total de 350 fornecedores vindos do Japão para os EUA nove eram sindicalizadas.

Com exceção da Nissan no Tennessee, as instalações dessas indústrias na década de 1990 eram projetadas muito compactas, concentrando prensas, chassi, pintura e montagem final na mesma fábrica. A NUMMI, uma *joint venture* entre a Toyota e GM, foi o sucesso mais espetacular. Apesar de uma tecnologia muito convencional atingiu rapidamente níveis de produtividade muito à frente de todas as três grandes plantas envolvendo a junção de empresas Japonesas e Americanas. De um modo geral todas as plantas Japonesas tiveram um bom desempenho em termos de produtividade, qualidade e aumento de volume. Em 1990, a produção totalizou 1,7 milhões de unidades. Isso não significou na época que todas elas eram rentáveis. O maior problema enfrentado por essas empresas na época, mesmo com a produção enxuta, era muito mais uma questão de volume de produção e utilização da capacidade do que o modelo de produção adotado, ou seja, volume é a chave para a lucratividade desse segmento.

De acordo com os dados de Berggren (1993) é fato que nesse período o desempenho das indústrias do setor automobilístico é ameaçado pela concorrência acirrada no mercado americano - em particular a concorrência entre os as empresas Japonesas com unidades neste país. Em 1992, os fabricantes japoneses venderam 70 diferentes modelos de automóveis nos Estados Unidos. Como resultado, suas margens de lucro se tornaram apertadas. A situação é ainda pior para os fornecedores Japoneses dessas empresas. O autor menciona uma análise da revista Fortune (15 de junho, 1992), que indicou na época que 60 por cento dessas empresas estavam no vermelho em 1992, e a situação para fábricas japonesas na América do Norte, a partir dessa análise prospectou que a situação delas deveria continuar a se deteriorar até o final da década de 1990. Entre 1989 e 1990 um estudo das fábricas japonesas que operavam na Califórnia, o principal ímã de investimento direto japonês nos EUA, Ruth Milkman pesquisou todas as empresas com 100 ou mais empregados no Estado. De um total de 66 empresas, ela obteve respostas de 50. Vinte delas foram posteriormente visitadas. Mais da metade das 50 empresas eram do segmento de eletrônica e equipamentos elétricos, sendo que muitas delas realizavam as operações principais de montagem. Para sua surpresa Milkman constatou que estas plantas diferiam muito do modelo da NUMMI. Considerando que as montadoras de automóveis japonesas recrutavam estrangeiros a partir da aplicação de um processo de seleção muito seletivo, as plantas da Califórnia na pesquisa de Milkman empregavam principalmente imigrantes com baixa qualificação e mal pagos como: mexicanos, salvadorenos, tailandeses, vietnamitas, filipinos (negros, no entanto, foram visivelmente alguns). O processo de contratação é muito simples. Para citar um gerente entrevistado.

Basicamente, estas plantas não aprovaram na época os princípios da produção enxuta, nem a forma japonesa de gestão de recursos humanos. Programas de sugestões dos empregados eram em grande parte inexistente, as estruturas com base na formação de equipes eram poucas e o igualitarismo célebre das indústrias japonesas (sem estacionamentos separados ou salas de refeição, etc.), era difícil de encontrar. A rotatividade de trabalho era rara e a maioria dos gerentes entrevistados deu uma gargalhada quando questionados sobre a entrega *just in time* e afins. Em princípio, a maioria deles foi comedida para evitar demissões. Uma vez que a rotatividade era muito alta, a redução da força de trabalho era fácil de conseguir de qualquer maneira. Estas fábricas japonesas na Califórnia tinham apenas uma importante característica em comum com as montadoras de automóveis japonesas, como a Nissan no Tennessee e a Toyota no Kentucky. Os altos níveis de produtividade das plantas americanas do Japão são na maioria dos estudos atribuídos ao sistema de gestão.

Controle de produção, projeto da planta, garantia de qualidade e abordagens para a resolução de problemas são realmente importantes. A alta eficiência dessas empresas não pode ser explicada apenas por estes fatores.

Berggren (1993) relaciona no seu trabalho três pré-requisitos básicos desempenham um papel importante:

- 1) O primeiro é a concepção dos produtos. Todas as empresas japonesas montadoras de produtos, são projetadas para facilitar a fabricação. Este é um fator importante para o sucesso, mas é muito mais difícil de medir do que horas de montagem por planta. O livro *A Máquina que Mudou o Mundo* é, infelizmente, muito focado em produtividade da planta, e relata apenas uma análise detalhada de fabricação, realizado pela GM. De acordo com este estudo, o fator sistema de coordenação de ordens de produção cartão *kanban* contribuiu para 41 por cento do diferencial da produtividade entre uma planta da GM e uma da Ford. Em 1988, engenheiros de produto da companhia Sueca Saab, selecionaram portas de modelos de veículos similares da Honda e da Saab para comparar o processo de montagem de ambos os modelos de fabricantes diferentes, utilizando os mesmos métodos e a mesma Tecnologia de processo, descobriram que as portas do modelo da Honda poderiam ser montadas em um quarto do tempo das portas do modelo similar da Saab.
- 2) O segundo é condição fundamental, a seleção e gestão dos fornecedores. O desempenho japonês na indústria automotiva é impossível de compreender sem considerar as complexas pirâmides de produção dos fornecedores e subcontratados, que representam 70 a 75 por cento do valor do produto final. Em um estudo, em 1984, da Toyota fornecedores em diferentes níveis hierárquicos na província de Aichi, o autor constatou um emaranhado de ambiguidade de cooperação dinâmica e exploração direta relacionada à cadeia de suprimento das empresas. Isso foi antes do acordo Plaza em 1985, que resultou em uma valorização muito rápida do yen. Pelo menos, nas camadas inferiores da pirâmide de fornecedores, a exploração ainda parece ser um aspecto importante da relação. No entanto, a nova era de desenvolvimento rápido de produto, que as montadoras japonesas avançaram na segunda metade da década de 1980, o que desencadeou uma classificação rápida de vários fornecedores de primeira e segunda camada, tanto em termos de produção e capacidade de prospecção e desenvolvimento, tornando-se uma parte muito sofisticada do *cluster* da indústria automobilística japonesa.

Não é de admirar que essas empresas na América do Norte inicialmente optaram por importar componentes críticos e tecnologicamente avançados do Japão. Pressionado pelo aumento da demanda por conteúdo local eles passaram a trabalhar duro para selecionar fornecedores americanos de confiança. Estas empresas passaram a enfrentar as exigências mais rigorosas do mercado. Um número de fornecedores japoneses passou a responder por essas demandas a partir das suas próprias instalações na América do Norte. A decisão da preferência das indústrias japonesas em operar com seus próprios fornecedores não pode ser apenas, ou mesmo principalmente, referindo-se a preço, qualidade e confiabilidade das entregas. O mais fundamental é o significado oculto da relação social entre os fabricantes de automóveis e seus fornecedores. Esta relação significa que os fornecedores japoneses trabalham incessantemente para melhorar seu desempenho e serviços oferecidos que não estão nos contratos. No Japão, contrato significa quase nada, que é a razão mais fundamental por que as empresas fornecedoras americanas tiveram tanta dificuldade em cooperar com os japoneses.

- 3) Um terceiro pré-requisito importante para a produtividade alta dessas empresas é a seleção cuidadosa e extraordinária do pessoal.
- 4) Na Toyota, em Kentucky, o processo de seleção é constituído pelas seguintes etapas. Primeiro, um teste de QI é aplicado a todos os candidatos. A metade de pior desempenho foi demitida. Então destreza manual testada, e novamente as pessoas com maus resultados foram demitidas. Testes de ambição, iniciativa e criatividade na sequência. Dinâmica de grupo para testar a orientação do trabalho em equipe e capacidade de adaptação foi outro método utilizado para eliminar candidatos inadequados. O processo foi concluído com a realização de exames médicos e testes de uso de drogas. O resultado foi uma força de trabalho orientada de forma agressiva a realização do trabalho, onde os trabalhadores estão competindo não só entre os grupos, mas também para fazer avançar suas ambições pessoais. O padrão de seleção rigorosa foi encontrado em todas as empresas. Uma seleção rigorosa supõe uma abundância de candidatos. Esse tem sido o caso para todas as fábricas japonesas. Quando a Nissan começou em Tennessee havia 100.000 candidatos para 3.000 empregos. Ao visitar a fábrica, em 1990, encontramos as condições de trabalho bastante angustiantes, e na Suécia teria sido difícil conseguir um trabalho estável.

2.6 Fundamentação Teórica do Escopo das Normas SAE J4000/J4001

O objetivo desse tópico, construído a partir da literatura, Satolo e Calarge (2007) é mostrar de modo resumido a essência das normas SAE J4000 e SAE J4001, a fim destacar os pontos principais das normas, sem ser redundante quanto aos documentos das normas disponíveis no site da SAE.

Há na literatura, um número expressivo de *papers* que abordam a aderência das técnicas relacionadas à implementação do *Lean Manufacturing* e os resultados obtidos por empresas que se aventuram a transformar o sistema de produção tradicional em um sistema de produção enxuto.

Cabe, contudo, definir critérios para a avaliação do desempenho alcançado no decorrer da implementação, a fim de se identificar as causas de insucesso ou desempenho abaixo do esperado do projeto *Lean Manufacturing* delineado para cada sistema de manufatura tomando o devido cuidado quanto as questões relacionadas à cultura organizacional e local da indústria objeto da implantação.

Entre os trabalhos publicados com o propósito descrito, a SAE (*Society of Automotive Engineers*), em agosto de 1999, aprovou a norma SAE J4000, “Identificação e mensuração de melhores práticas na implementação de uma operação enxuta”.

A norma aprovada pela SAE é composta de dois documentos fundamentais, J4000 e J4001, a fim de que a norma represente uma ferramenta estruturada para apoiar a identificação e medição das melhores práticas de implementação de uma operação enxuta em uma organização industrial (SATOLO; CALARGE, 2007).

O documento J4000 contempla os critérios por intermédio dos quais um projeto de implementação do *Lean Manufacturing* deve ser controlado e gerenciado ao longo do seu desenvolvimento, enquanto que o documento J4001 (“Manual do usuário para a implementação de uma operação enxuta”) busca esclarecer as formas de medição da conformidade a esses critérios (DURAN; BATOCCHIO, 2003).

Desse modo, o documento J4001 complementa a norma J4000 a qual a princípio compõe basicamente um conjunto de características que um sistema de manufatura deve contemplar a fim de ser considerado um sistema enxuto. As normas podem ser obtidas no site da SAE (*Society of Automotive Engineers*).

A partir de uma leitura descritiva da norma é identificado o escopo central da norma composto de 52 componentes de avaliação, divididos em 6 seções de avaliação do nível de implantação dos princípios relacionados às operações enxutas em um sistema de manufatura.

Cada uma destas 6 seções da norma visa avaliar um aspecto da organização, de acordo com a descrição a seguir (SATOLO; CALARGE, 2007).

- a) **Ética e organização:** análise do reconhecimento e envolvimento da direção e alta gerência com o projeto de implantação *Lean Manufacturing*, a partir do acompanhamento das iniciativas de disseminação das mesmas na empresa e consequente implementação inserida no planejamento estratégico da organização. Nesse caso o planejamento deve contemplar o acompanhamento das ações e dos resultados obtidos, de modo a fomentar a colaboração de todos os envolvidos motivando-os a partir de critérios claros e conhecidos, principalmente quando avanços e sucessos são obtidos no desenvolvimento do projeto;
- b) **Pessoas e RH:** verificação do nível de participação de todos os colaboradores da organização tendo como base de sustentação a democratização do processo de tomada de decisões, mantendo uma maior autonomia com formação de equipes interdisciplinares, treinamento e garantia dos recursos para as ações dessas equipes;
- c) **Sistema de informação:** manutenção do acesso seguro e estruturado às informações úteis e necessárias para a tomada de iniciativas voltadas à obtenção de um sistema enxuto.
Estas informações devem possibilitar o acompanhamento do desempenho das ações tomadas pelas equipes, além de facilitar a análise das situações sob estudo;
- d) **Relação Cliente/Fornecedor e Organização:** análise da relação de parceria entre fornecedor, organização e cliente, de modo a avaliar o envolvimento dos “parceiros” em áreas como desenvolvimento de produtos com o estabelecimento de parcerias duradouras;
- e) **Produto e Gestão do Produto:** avalia o uso de ferramentas de apoio à gestão do ciclo de vida do produto e a utilização de equipes multidisciplinares com competências específicas para o desenvolvimento de novos produtos.
O objetivo principal é reduzir o tempo de lançamento de novos produtos no mercado, assim como o custo associado a esta tarefa;
- f) **Produto e Fluxo de Processos:** acompanhar o andamento do uso de ferramentas *Lean Manufacturing* que busca orientar o fluxo de produção de acordo com as necessidades dos clientes.

O nível de implementação de cada componente do projeto *Lean Manufacturing* delineado para um determinado sistema de produção é avaliado a partir de afirmações, chamadas pela norma de componentes, a fim de caracterizar aspectos relevantes da operação enxuta.

Contudo, a norma considera cada conjunto de componentes com igual peso na implementação, de modo, que a importância relativa de cada um para o sucesso da implementação do sistema de produção enxuta pode ser avaliado pelo número de componentes relacionados a cada elemento (SATOLO; CALARGE, 2007).

A Tabela 4 contempla os pesos relacionados a cada conjunto de componentes.

Tabela 4 – Representação dos Elementos contidos na norma SAE J4000 e seus relativos pesos (SATOLO; CALARGE; 2007).

Elemento	Tema principal	Número de componentes	Peso
Elemento 1	Ética e Organização	12	25%
Elemento 2	Pessoas e RH	13	25%
Elemento 3	Sistema de Informação	4	25%
Elemento 4	Relação Cliente/Fornecedor e Organização	4	
Elemento 5	Produto e Gestão do Produto	6	25%
Elemento 6	Produto e Fluxo de Processos	13	

Para cada componente é associado uma escala de medição do nível de implementação, tornando possível comparar o nível de aplicação do componente em função das melhores práticas aplicadas na indústria (SATOLO; CALARGE, 2007), de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Escala de medição do nível de satisfação em comparação com as melhores práticas (SATOLO; CALARGE; 2007).

Nível	Pontuação	Significado
Nível 0	0	O componente não está implementado ou existem inconsistências fundamentais na sua implementação
Nível 1	1	O componente está implementado mais ainda existem inconsistências menos significativas na sua implementação
Nível 2	2	O componente está satisfatoriamente implementado
Nível 3	3	O componente está satisfatoriamente implementado e mostra um contínuo melhoramento nos últimos 12 meses

A seção principal da norma é composta de 52 componentes divididos em 6 elementos que avaliam o grau de implantação dos princípios de operações enxutas em uma empresa (DURAN & BATOCCHIO, 2001).

Cada elemento da norma tem como objetivo avaliar um aspecto da organização, a ser avaliada:

- **Elemento 1 (Ética e organização)** - analisa o reconhecimento e envolvimento da direção e alta gerência junto ao Sistema e se as iniciativas disseminadas por estes estão sendo implementadas junto ao planejamento estratégico da organização. Este planejamento deve ser complementado com um acompanhamento das ações e dos resultados obtidos, fomentando a colaboração de todos os envolvidos e premiando-os segundo critérios claros e conhecidos, quando avanços e sucessos são obtidos pela organização;
- **Elemento 2 (Pessoas e RH)** - verifica o nível de participação de todos da organização para o sucesso do Sistema. Este esforço é analisado pela norma por meio da democratização da tomada de decisões, de uma maior autonomia, formação de equipes interdisciplinares, treinamento e garantia dos recursos para as ações dessas equipes;
- **Elemento 3 (Sistema de Informação)** – constata se a empresa garante o acesso seguro e estruturado às informações úteis e necessárias para a tomada de iniciativas voltadas a uma obtenção de uma manufatura enxuta. Estas informações devem facilitar a análise das situações sob estudo e principalmente possibilitar o acompanhamento do desempenho das ações tomadas pelas equipes;
- **Elemento 4 (Relação Cliente/Fornecedor e Organização)** - julga a relação de parceria entre fornecedor, organização e cliente, verificando o envolvimento destes em áreas tais como desenvolvimento de produtos e o estabelecimento de parcerias duradouras;
- **Elemento 5 (Produto e Gestão do Produto)** – leva em consideração o uso de ferramentas ligadas à gestão do ciclo de vida de produto e a utilização de equipes multidisciplinares com competências específicas para o desenvolvimento de novos produtos, com o intuito de reduzir, principalmente, o tempo de lançamento destes novos produtos ao mercado e o custo associado a esta tarefa;
- **Elemento 6 (Produto e Fluxo de Processos)** – nesta última categoria, se encontra a maior parte das ferramentas que atualmente se aplicam à área da engenharia, e que buscam orientar o fluxo de produção a seguir uma sincronia com as necessidades dos clientes.

Elemento 1 – Ética e Organização

Como dito no item anterior, o envolvimento da alta gerência e administração é fundamental em qualquer sistema que busca seguir os conceitos e técnicas enxutas. O Elemento 4 da Norma SAE J4000 possui 13 itens, que englobam evidências da existência desse envolvimento.

Na proposta de adequação da Norma SAE J4000 para a logística enxuta o Elemento 4 se torna o Elemento 1, e os 16 itens que compõe este Elemento são:

- 1.1 A ferramenta básica utilizada pela empresa para atingir seus objetivos estratégicos é a melhoria contínua, pelo intermédio da implementação dos conceitos, métodos e ferramentas enxutas;
- 1.2 A alta gerência mantém um relacionamento com a administração dos fornecedores, de forma a conscientizá-los da importância do sistema enxuto;
- 1.3 O planejamento do programa Lean engloba toda a cadeia de suprimentos, não apenas a empresa;
- 1.4 Formas estruturadas de desdobramento da política da empresa são usadas para planejar as ações de desenvolvimento do padrão de organização enxuta;
- 1.5 As metas do programa Lean estão claramente definidas e são efetivamente comunicadas, internamente e externamente;
- 1.6 O conhecimento da filosofia e dos mecanismos das operações enxutas são dominados e efetivamente transmitidos na empresa e nos fornecedores e clientes;
- 1.7 A alta gerência lidera ativamente o desdobramento das ações para as práticas enxutas;
- 1.8 A alta gerência analisa regularmente os resultados do progresso do programa Lean e compara com as metas estabelecidas no planejamento;
- 1.9 Existe um programa de incentivos para recompensar os progressos verificados com a utilização do programa Lean;
- 1.10 O desempenho individual dos gerentes é avaliado de acordo com os progressos obtidos no programa Lean;
- 1.11 O desempenho dos fornecedores é avaliado de acordo com os progressos obtidos no programa Lean;
- 1.12 Deve existir um clima organizacional não punitivo, orientado por resultados e focado nos processos;
- 1.13 Existe envolvimento pessoal direto e constante da alta gerência com o nível operacional, relativo à aplicação do programa Lean;
- 1.14 Deve existir uma política efetiva para disponibilizar pessoal necessário, de modo a suportar as necessidades do programa e permitir sua evolução;
- 1.15 Nenhum empregado ou fornecedor deve sentir-se ameaçado ou coagido a participar dos programas Lean;
- 1.16 A alta gerência deve comprometer-se com os princípios Lean e não priorizar atitudes de curto prazo inconsistentes com o programa.

Elemento 2 – Pessoas e RH

O ponto principal deste Elemento é verificar se há um esforço superior para a participação de todos na organização. Dessa forma, não há diferenças relevantes entre as necessidades em relação à Pessoas e RH para um sistema de manufatura enxuta e para um de logística enxuta.

Abaixo estão os 12 itens que compõe o Elemento 2:

- 2.1 Existem recursos adequados para treinamento e o tempo para treinamento operacional dos operadores é remunerado;
- 2.2 O treinamento inclui conhecimento das ferramentas específicas da logística enxuta e medidas de eficiência compatíveis com as necessidades da organização, para todos os seus níveis;
- 2.3 O treinamento é conduzido conforme programado, registros e relatórios são mantidos e a avaliação de seus resultados é constantemente realizada;
- 2.4 A estrutura organizacional é desenhada conforme os conceitos da cadeia de valor;
- 2.5 Cada funcionário participa das atividades de trabalho, conforme definido na sua descrição de cargo;
- 2.6 O trabalho e a política de pessoal (RH) estão em consonância com as necessidades do programa Lean;
- 2.7 O nível de responsabilidade e autoridade de cada equipe de trabalho é claramente definido;
- 2.8 O desenvolvimento e participação dos empregados por meio de equipes e programas de melhoria contínua são incentivados e suportados, para todos os níveis da organização;
- 2.9 As equipes são responsáveis pelos programas e esforços de melhoria contínua, para cada segmento específico da cadeia de valor;
- 2.10 A tomada de decisões e as ações são de responsabilidade da equipe do nível correspondente;
- 2.11 A gerência não se sobrepõe às decisões e ações das equipes, quando tomadas dentro do seu nível de responsabilidade;
- 2.12 As decisões e ações tomadas pelas equipes devem ser apoiadas com os recursos necessários para sua correta implantação.

Elemento 3 – Sistema de Informações

Na logística, o fluxo de informações é essencial. Sem a informação certa, no momento certo e lugar certo, a atividade logística pode desperdiçar esforços e recursos, diminuindo assim o nível de serviço e aumentando custos.

Apesar de a informação ser fundamental na manufatura enxuta, na logística enxuta um sistema de informação funcional e eficiente se torna uma regra. Dessa forma, tornou-se necessário adicionar itens ao Elemento 6 da Norma SAE J4000.

- 3.1 As informações e dados operacionais de nível confiável e acurados, estão disponíveis para os membros da organização, conforme necessário;
- 3.2 O conhecimento é compartilhado por toda a organização;
- 3.3 A coleta de dados e sua utilização são de responsabilidade dos indivíduos mais identificados com o processo ou a parte do processo onde eles são gerados;
- 3.4 O sistema financeiro de operações é estruturado de forma a evidenciar os resultados e progressos do programa Lean;
- 3.5 Informações referentes ao custo logístico são exatas e possíveis de serem medidas, além de disponíveis conforme necessário;
- 3.6 As informações referentes a pedidos se tornam disponíveis de forma exata para a área da logística no momento em que são inseridas no sistema;
- 3.7 A informação referente ao processo de entrega é exata e atualizada, sendo disponível conforme necessário;
- 3.8 As diferentes áreas logísticas possuem acesso às informações exatas referentes às demais áreas;
- 3.9 O sistema de informação referente ao estoque existente em toda a cadeia de suprimentos é confiável e acurado.

Elemento 4 – Relação Cliente/Fornecedor e Organização

Na manufatura enxuta, a palavra que define a relação entre cliente/fornecedor e organização é parceria. É fundamental que a informação seja precisa, e que os clientes e fornecedores se envolvam em diversas áreas, principalmente no desenvolvimento de produtos. Já na logística enxuta, o envolvimento de cliente/fornecedor é ainda mais necessário, visto que muitas vezes estes são parte da rede logística da organização.

Os itens essenciais relacionados à relação Cliente/Fornecedor e Organização para um sistema logístico a ser considerado enxuto:

- 4.1 Clientes e fornecedores devem participar dos processos de desenvolvimento de processos/projetos desde suas fases iniciais;
- 4.2 Clientes e fornecedores devem estar adequadamente representados nas equipes de produtos, processos e projetos da organização;
- 4.3 Clientes e fornecedores devem participar regularmente das revisões e avaliações dos processos, produtos e projetos da organização;
- 4.4 Devem existir benefícios mútuos para que clientes e fornecedores trabalhem em grupo, na busca por melhorias de desempenho e redução de custos;
- 4.5 Clientes e fornecedores estão integrados com a organização, de forma a fornecer informações rápidas e precisas, baseadas no consumo real;
- 4.6 A organização busca relações de longo prazo sustentadas por avaliações periódicas, permitindo que os fornecedores busquem melhorias nos processos;
- 4.7 A organização incentiva inovações por parte dos fornecedores;
- 4.8 A organização busca constantemente melhorar o relacionamento com os fornecedores e clientes de forma a elevar o nível de confiança.

Elemento 5 – Produto e Gestão de Produto

- 5.1 “O projeto do produto e o planejamento dos processos devem ser atividades das equipes de trabalho, que devem ter representantes de todas as áreas envolvidas”;
- 5.2 “Especificações de atributos, custo e desempenho dos produtos e processos são exatos, possíveis de serem medidos e definidos de comum acordo com todas as áreas envolvidas”;
- 5.3 “O projeto de produtos e o planejamento dos processos são realizados de acordo com a abordagem do ciclo de vida, em completa consonância com os conceitos de DFM/DFA, e consistentes com os princípios *Lean*”;
- 5.4 “Os parâmetros para o projeto do produto e para a capacidade do processo devem ser robustos e consistentes com as melhores práticas de projeto e manufatura”;
- 5.5 “Durante o ciclo de vida do produto/processo deve haver recursos para documentação e registro do conhecimento acumulado pela experiência da equipe de trabalho”;
- 5.6 “O *Lead time* dos processos e do projeto dos produtos é constantemente medido e busca-se continuamente sua diminuição”.

Elemento 6 – Produto e Fluxo de Processos

O Elemento 9 da Norma SAE J4000 engloba a maior parte das ferramentas conhecidas na área da engenharia industrial e de produção.

O principal foco deste Elemento é verificar a orientação ao fluxo e a sincronia com as necessidades dos clientes. Na logística enxuta, o Elemento 5 passa a englobar o Elemento 8 e 9 da Norma, visto que os valores agregados pela logística envolvem movimentação e disponibilidade, ao invés de produtos processados.

Dessa forma, os itens essenciais para verificação se os processos logísticos são enxutos são:

- 6.1 O local de trabalho deve ser limpo, bem organizado e regularmente auditado, em relação ao padrão definido pela prática do 5S;
- 6.2 Existe um sistema de planejamento de atividades de manutenção preventiva, com as atividades de manutenção ocorrendo de maneira adequada, quanto à sua periodicidade, para todos os equipamentos;
- 6.3 Listas de materiais e operações padronizadas estão adequadamente atualizadas, são utilizadas e sua organização obedece aos preceitos da engenharia de valor;
- 6.4 O fluxo é completamente mapeado e os produtos são fisicamente confinados de acordo com o fluxo de processos;
- 6.5 O sequenciamento da produção baseia-se em um sistema puxado definido pelos clientes, e a demanda é estabelecida regularmente, para o planejamento das operações;
- 6.6 O fluxo do processo é controlado de forma visual, internamente ao processo;
- 6.7 Especificações de desempenho do processo são exatas, possíveis de serem medidas e definidas de acordo com todas as áreas envolvidas;
- 6.8 O processo é robusto e consistente; os requisitos de capacidade estão identificados e a variabilidade dos parâmetros de processo é continuamente reduzida;
- 6.9 Ações preventivas, utilizando-se métodos estruturados para solução de problemas são utilizados e registrados, sempre que forem identificadas não conformidades de processo;
- 6.10 O fluxo produtivo tem início quando do recebimento da ordem de produção. O fluxo produtivo obedece ao takt time, de acordo com a necessidade do cliente;
- 6.11 O layout da fábrica apresenta fluxo síncrono e contínuo de produção, as distâncias e movimentações de materiais são continuamente reduzidas, e o fluxo de componentes melhorado;

- 6.12 Métodos estruturados de estudos de tempos e métodos padronizados são utilizados, procurando distribuir e balancear adequadamente as cargas de trabalho, de acordo com o previsto no *takt time*;
- 6.13 O fluxo de valor está sob constante avaliação, por intermédio da aplicação regular de programas de melhoria contínua.

A partir dos contextos avaliados no desenvolvimento do presente trabalho, como proposto originalmente e na forma de avaliação, o instrumento de avaliação do autor é coerente com o escopo da norma, embora não consta no instrumento do autor do presente trabalho o conteúdo da norma que foge ao objetivo do trabalho.

3. Evolução Histórica do Setor Aeronáutico

A Segunda Guerra Mundial, durante o período de seis anos que durou, contou com a participação do contingente militar de diversas nações, como por exemplo, o Brasil. Entre as nações comprometidas em derrotar a Alemanha duas se destacaram pelo apoio logístico, efetivo militar e capacidade de projeto e produção de equipamentos bélicos: Reino Unido e Estados Unidos.

Desse modo, a ocorrência de dois acontecimentos importantes pode ser destacada no início da década de 1940:

- 1) Reino Unido – a produção dos aviões *Supermarine Spitfire*;
- 2) Estados Unidos – a produção dos aviões B-24 *Liberator Bomber* (o milagre da produção em *Willow Run*).

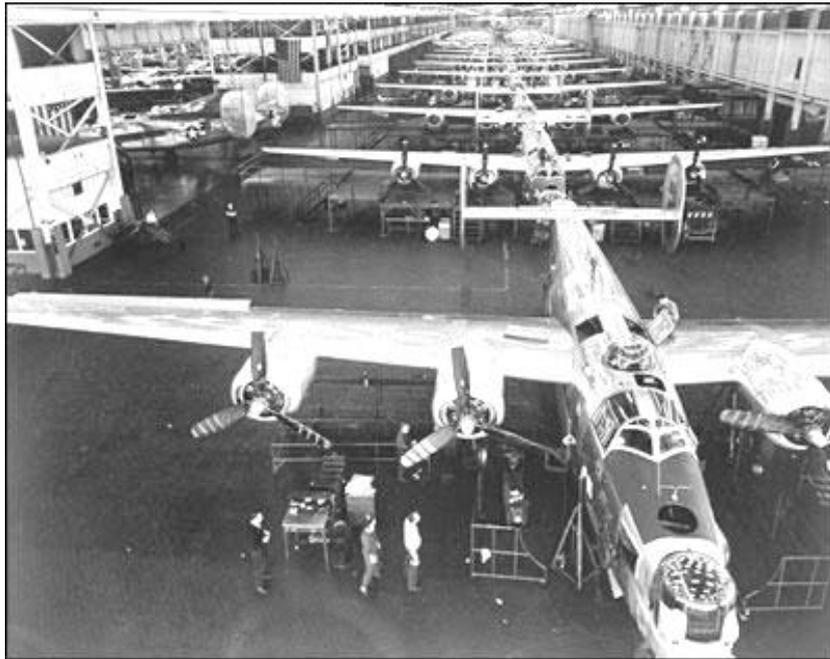
As Figuras 7 e 8 ilustram a montagem das aeronaves *Supermarine Spitfire* e B-24 *Liberator Bomber*.

Figura 7 – Montagem do Supermarine Spitfire.



Fonte: <http://1000tao.blogspot.com/2012/09/spitfire-mk-9-no-brasil.html>.

Há nesse período um número significativo de iniciativas de adequação do sistema de produção das aeronaves demonstrando que os problemas enfrentados na época eram semelhantes aos problemas atuais das fábricas de diferentes segmentos de produtos no mundo contemporâneo. Salvo às devidas proporções do avanço da tecnologia dos produtos e dos processos, assim como do sistema de gestão atual quanto ao apontamento e controle da manufatura a partir de técnicas inovadoras e muito mais eficazes.

Figura 8 – Linha de Produção do B-24 *Liberator Bomber*.

Fonte: http://www.strategosinc.com/willow_run.htm. Acesso Agosto de 2013.

A ocorrência dos dois acontecimentos citada auxilia a compreensão da evolução do projeto e operação dos sistemas de produção atuais das indústrias fabricantes de aeronaves.

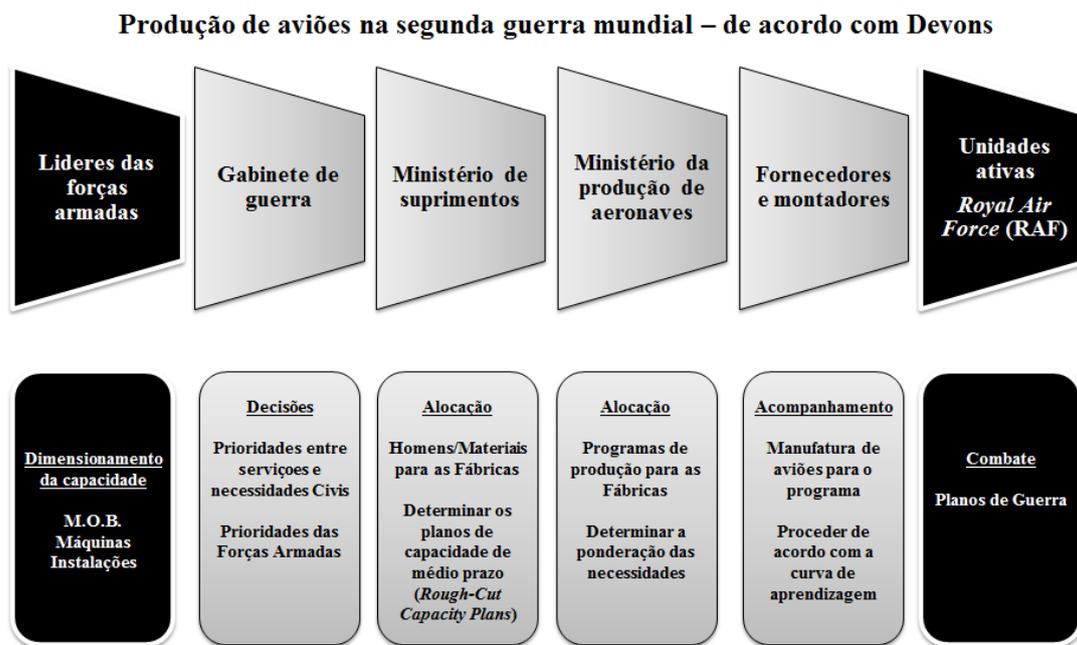
3.1. Montagem dos aviões *Supermarine Spitfire*

Durante a segunda guerra mundial o Reino Unido se transformou em uma ilha sitiada por vários meses seguidos, com grande dificuldade de acesso a suprimentos, devido à eficácia da campanha de um submarino alemão no Atlântico Norte. Contudo, um diferencial importante do Reino Unido com relação ao inimigo de guerra era a habilidade para produzir aeronaves em quantidades suficientes a apoiar o *Front* da guerra contra os Alemães com um contingente bélico superior. Uma vez que o Reino Unido fosse capaz de enfrentar o problema de suprimentos limitado de materiais, a possibilidade de sucesso era possível. Em primeira instância a pressão era a respeito do esforço da produção em suportar a conhecida batalha da Inglaterra em adquirir os materiais necessários à produção das aeronaves e subsequentemente também que os bombardeiros a serem montados estivessem disponíveis no tempo necessário.

O sistema de atendimento à demanda, no entanto, foi bem sucedido e funcionou extremamente bem, apesar de muitas deficiências óbvias relacionadas à organização e gestão da produção, assim como a interface com a curva de aprendizado dos colaboradores no chão de fábrica em função dos diferentes modelos de aeronaves a serem montados na época.

A Figura 9 desenhada por Towill (2006) mostra a estrutura organizacional da cadeia de suprimentos do avião *Supermarine Spitfire* na década de 1940. Embora o cenário relacionado à operação da montagem das aeronaves à época é bem diferente do momento atual o qual vivemos, considerando ainda que mudanças significativas e incontestáveis ocorreram com o tempo a partir principalmente das regras de competição, qualificação e fornecimento da mão de obra e tecnologia requerida do processo e do produto, assim como a importância da informação devido aos diferentes estágios do ciclo de vida do produto em um mercado globalizado, problemas críticos relacionados à operação dos sistemas de produção característicos do período da Segunda Guerra Mundial ainda persistem na indústria do mundo contemporâneo, e muitas vezes com os mesmos sintomas e causas de décadas atrás.

Figura 9 – Cadeia de Suprimentos do avião *Supermarine Spitfire*.



Fonte: Adaptado de Towill (2006)

A grande importância do Reino Unido, segundo Towill (2006) foi a capacidade de produzir aeronaves em quantidades suficientes a partir de fontes de materiais limitadas. Nesse contexto, em função das dificuldades relacionadas ao período da guerra, Towill (2006) destaca que entre as dificuldades enfrentadas pela indústria aeronáutica inglesa à época, o efeito chicote foi um dos fenômenos mais importantes que influenciaram o desempenho da fabricação de aeronaves no Reino Unido durante a Segunda Guerra Mundial. Essa afirmação do autor é baseada no livro de um autor inglês, Devons (de acordo com o autor: Devons foi professor de Economia Aplicada na Universidade de Manchester), publicado em 1950. Towill (2006) *apud* Devons mapeou em uma matriz as relações causais dos fenômenos identificados na cadeia de suprimentos da indústria aeronáutica inglesa durante a II Guerra Mundial.

De acordo com os dados demonstrados por Towill *apud* Devons (1950), descritos na Tabela 1, os dois parâmetros de perdas definidos pelo autor como o efeito chicote e o *Black Hole* (buraco negro) são muito importantes porque refletem os "níveis de ignorância", que pode ter prevalecido no *Ministry of Aircraft Production* inglês naquele momento.

O autor destaca que o principal argumento quanto à falta de conhecimento dos gestores da época é que muitos gerentes de produção do período sabiam que os *startups* da linha de montagem quanto à entrada de um novo modelo no *mix* de produtos, o que em termos de aprendizado do processo de fabricação não acontece do dia para a noite, podia durar meses, se não anos, em função da curva de aprendizagem, antes que uma planta de manufatura se mantenha em operação plena. No entanto, é improvável que os engenheiros de produção da época pudessem avaliar quantitativamente o impacto das variáveis relacionadas à curva de aprendizagem de cada novo modelo a ser fabricado.

Contudo, é fato que o conhecimento técnico do processo de gestão da produção a partir da Segunda Guerra Mundial evoluiu exponencialmente, e que as curvas de aprendizagem, assim como o seu monitoramento e intervenção quando necessário estão dentro desse contexto, inclusive com o uso de análises estatísticas muito mais adequadas, sendo extremamente importantes para inúmeras aplicações industriais, destacando que foi nessa direção que o Sistema Toyota de Produção evoluiu nas décadas seguintes. A Tabela 1 mostra os dados publicados por Towill *apud* Devons (1950) com base na produção de aeronaves pela indústria aeronáutica inglesa nos anos de 1940 e 1941.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6 é possível identificar que o volume de produção a partir dos experimentos do *Ministry of Aircraft Production* inglês durante um período de tempo de 1 ano, em que diferentes tipos de aeronaves foram rapidamente introduzidos na montagem e, em seguida, igualmente descartados na mesma velocidade quanto à restrição de novos projetos de modelos a serem introduzidos (Devons, 1950), representa de fato que qualquer uma das alternativas deve provocar perturbação quanto ao desempenho do sistema e deve levar a alguma perda de produção, talvez essa percepção seja de fato percebida nos dias atuais com os recursos de monitoramento os quais a manufatura conta, será que na década de 1940 os engenheiros avaliaram esse impacto?

Daí a necessidade do acompanhamento do volume produzido de modo a ter parâmetros de comparação com o volume ideal de produção de modelo de um determinado modelo de aeronave com o volume produzido. Esses dados permite que um gerente detecte se a curva de aprendizado é apropriada e se está sendo monitorada dentro de uma faixa de erro aceitável, que por sua vez está relacionada com o processo de variação inerente.

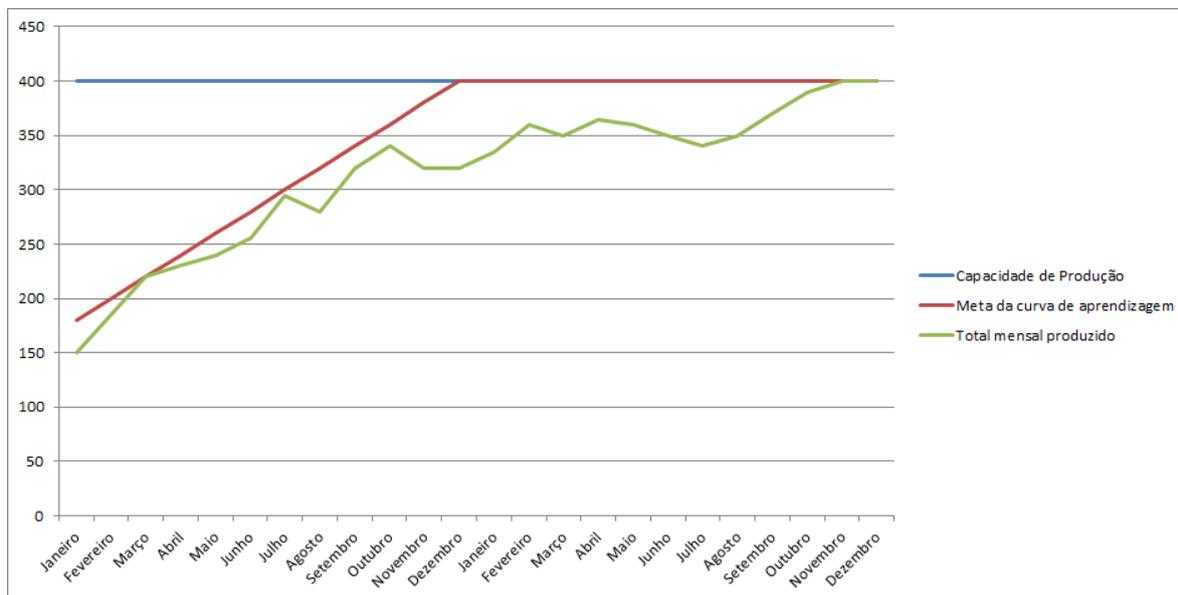
Tabela 6 – Os dados de produção de aviões da Segunda Guerra Mundial usados para ilustrar os tipos *Black Holes*. Fonte: Towill *apud* Devons (2006).

1940	Capacidade de Produção	Tipo de aeronave - Produção Mensal							Modelos	Total mensal produzido	perda mensal da capacidade	Perda mensal acumulada contra a capacidade	Meta da curva de aprendizagem	Perda mensal contra a meta da curva de aprendizagem	Perda cumulativa contra a meta da curva de aprendizagem
		MK I	MK II	MK III	MK IV	MK V	MK VI	MK VII							
Janeiro	400	10	90	50					3	150	250	250	180	30	30
Fevereiro	400	5	80	100					3	185	215	465	200	15	45
Março	400		60	160					2	220	180	645	220	0	45
Abril	400		40	180	10				3	230	170	815	240	10	55
Mai	400		20	200	20				3	240	160	975	260	20	75
Junho	400		10	200	40	6			4	256	144	1119	280	24	99
Julho	400		5	220	50	20			4	295	105	1224	300	5	104
Agosto	400			180	60	40			3	280	120	1344	320	40	144
Setembro	400			180	80	60			3	320	80	1424	340	20	164
Outubro	400			130	100	100	10		4	340	60	1484	360	20	184
Novembro	400			50	150	100	20		4	320	80	1564	380	60	244
Dezembro	400			40	150	100	30		4	320	80	1644	400	80	324
1941				150											
Janeiro	400			20	150	100	60	5	5	335	65	1709	400	65	389
Fevereiro	400			15	150	100	80	15	5	360	40	1749	400	40	429
Março	400			10	100	100	120	20	5	350	50	1799	400	50	479
Abril	400				75	80	130	80	4	365	35	1834	400	35	514
Mai	400				30	50	150	130	4	360	40	1874	400	40	554
Junho	400				20	30	130	170	4	350	50	1924	400	50	604
Julho	400					10	80	250	3	340	60	1984	400	60	664
Agosto	400						50	300	2	350	50	2034	400	50	714
Setembro	400						30	340	2	370	30	2064	400	30	744
Outubro	400						10	380	2	390	10	2074	400	10	754
Novembro	400							400	1	400	0	2074	400	0	754
Dezembro	400							400	1	400	0	2074	400	0	754
										7526			8280		

Produção acumulada real	7526 aeronaves
Produção acumulada esperada (usando "curva de aprendizado" como alvo)	8280 aeronaves
Produção acumulada esperada (usando <i>target</i> "estado estacionário")	9600 aeronaves
Perda a partir da produção máxima esperada e tendência da curva de aprendizagem	1320 aeronaves
Perda acumulativa a partir da meta da curva de aprendizagem	754 aeronaves

A Figura 10 mostra a relação da curva de aprendizado a partir da meta de produção definida e a produção real entre os anos de 1940 e 1941.

Figura 10 – Curva de aprendizado entre os anos de 1940 e 1941.



Fonte: Towill (2006).

Assim, o argumento é que a Carta de Controle de *Shewhart* (*Shewhart*, 1931) pode ser aplicada no ambiente de curva de aprendizagem como uma extensão de seu uso original na indústria química, disponível na época da 2ª guerra mundial.

Com o conhecimento atual das curvas de aprendizagem é provável que para os dados de produção de aeronaves disponíveis no livro de Devons (1950), retrospectivamente, um modelo de curva de aprendizagem exponencial teria sido apropriado, Towill *apud* Bevis *et al.*, (2006).

Este modelo exponencial foi inicialmente selecionado por sua analogia física e das previsões a partir de *algoritmos* específicos. Desde então se tornou um modelo de "referência" usado extensivamente em vários setores industriais de acordo com Towill *apud* Hackett (1983) e Brennan e Stevens (1985).

No entanto, o simples ajuste de uma determinada curva de aprendizagem requer o uso de um modelo de curva de aprendizado ainda mais simples. Esta deve começar a partir de algum valor inicial em particular, podendo ser uma função linear do tempo, até que o valor final de "saturação" é atingido.

Assim, para os dados mostrados na Tabela I o valor inicial (Janeiro 1940) é de 180 aviões/mês. A curva de aprendizagem, em seguida, aumenta progressivamente até 400 aeronaves/mês até dezembro de 1940, e é constante a partir daí.

Towill *apud* Devons (1950) destacam a importância de uma análise estatística consistente dos dados da curva de aprendizagem e ponderam que na época da Segunda Guerra Mundial não havia o conhecimento necessário das técnicas estatísticas pelos Engenheiros de Produção e tão pouco os registros dos dados de produção e montagem na forma de bases de dados disponíveis, para produzir uma visão confiável sobre as tendências de curva de aprendizado e provável variação de desempenho.

Embora na literatura, trabalhos como o de Burbidge (1981) e Gigli (Benders, 2002) apontados por Towill (2006), dão ênfase ao fato de que a organização do trabalho na montagem dos aviões *Supermarine Spitfire*, possa ser considerada como parte dos indícios da produção enxuta antes mesmo do surgimento do Sistema Toyota de Produção, é pertinente, considerar o fato de que questões muito mais amplas relacionadas às boas práticas de produção que devemos relacionar é fato que a grande maioria das "boas práticas" na verdade existia naquela época, ou seja, início dos anos 1940. “Embora, também é fato, que havia uma enorme distância a ser percorrida quanto à aplicação e o conhecimento das boas práticas” no chão de fábrica. O que, na verdade, permanece na grande maioria das indústrias do mundo atual, fato que problemas eventuais que ocorreram há décadas atrás, como por exemplo, no período da Segunda Guerra Mundial, ainda persistem.

No entanto, de acordo com a literatura, a origem da produção enxuta é certamente visível na produção dos aviões ingleses *Supermarine Spitfire* durante a Segunda Guerra Mundial no Reino Unido.

O histórico da Associação de Consultores Industriais, de acordo com Benders (2002), descreve a aplicação do sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control*, similar ao sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* do *Just in Time*, como uma aplicação de sucesso no caso do controle da produção de aeronaves entre os quais o avião inglês de combate utilizado na 2ª Guerra Mundial, o *Supermarine Spitfires*, esteve presente.

Entre 1940 e 1941 a liga utilizada para produzir os componentes extrudados das aeronaves era largamente importada do exterior. O número desses itens extrudados era da ordem de 500.000 componentes com aproximadamente 15 especificações.

Como o fornecimento da liga não era confiável, normalmente os cerca de 5.000 fabricantes de peças individuais e 48 fabricantes de aeronaves encomendavam grandes volumes de liga para se certificar de que não haveria falta desse material.

Consequentemente, a demanda total não pôde ser atendida na época e o abastecimento foi realizado de modo desigual entre os fornecedores de componentes.

Consequentemente alguns terceiros tinham a liga em estoque e outros tinham matéria prima insuficiente. Nesse contexto, o governo criou o *Ministry of Aircraft Production*, o qual tinha a autoridade sobre a alocação da matéria prima. O *Ministry of Aircraft Production* contratou a empresa de consultoria *Associated Industrial Consultants* (AIC) para auxiliar na tarefa de distribuição da matéria prima entre os fornecedores de matéria prima.

Segundo Benders (2002) a solução do problema pela *Associated Industrial Consultants* (AIC) seguiu como primeira etapa convencer os fabricantes terceiros a declarar os estoques de material que eles tinham e preparar uma lista mestre de peças com todos os detalhes de extrusão para cada tipo de aeronave, sendo realizada uma tarefa que a indústria não tinha tido precedente antes.

A lista mestre de peças individuais foi sintetizada em uma única lista mostrando todos os detalhes extrudados nas indústrias como um todo. O cálculo da quantidade de tiras de cada aeronave para o mês foi estabelecida e, em seguida, estendida junto à lista principal. A quantidade total foi confrontada com a quantidade necessária de cada fabricante. No começo foi difícil, mas em pouco tempo o sistema de lote estava funcionando bem, com base na lista mensal de necessidade das aeronaves definida pelo *Ministry of Aircraft Production*.

Um ciclo de um mês foi mantido estritamente de acordo com um procedimento predeterminado. Depois de subsídios complementares foram organizadas em uma base diária para reparar aviões (Benders, 2002).

3.2. Montagem dos aviões B-24 *Liberator Bomber* (Relato original de Charles Sorensen)

Outro fato importante relacionado à evolução do processo de fabricação das indústrias aeronáuticas também ocorreu na década de 1940 em função da Segunda Guerra Mundial. Em janeiro de 1940, a América estava prestes a participar efetivamente da Segunda Guerra Mundial que se encontrava em forte expansão devido ao avanço dos alemães, e o envolvimento do restante no mundo, países aliados, no combate ao exercito inimigo.

O governo *Roosevelt* de acordo com a urgência em articular a resistência contatou a *Ford Motor Company* para a fabricação de componentes do avião bombardeiro *Liberator B-24*.

Charles Sorensen, vice-presidente de Produção da Ford viajou para San Diego para observar as operações de montagem da aeronave. Desse modo, Charles Sorensen concebeu a planta da linha de montagem do bombardeiro B-24 em *Willow Run* que eventualmente fabricou 8.800 dessas aeronaves.

Willow Run era a personificação física do sistema de Produção Ford que mais tarde foi transformado pela Toyota em *Just in Time* e *Lean Manufacturing*. Na fábrica homens uniam seções da asa e componentes da fuselagem da aeronave.

O trabalho de montar um bombardeiro de quatro motores é muito mais complexo do que a montagem de um automóvel de quatro cilindros. O projeto contava com a experiência de 35 anos de Charles Sorensen da Ford.

Charles Sorensen havia acumulado grande experiência desde a época em que Walter Flanders reorganizou as máquinas na Ford e oito anos antes da Ford alcançar o delineamento da sequência ordenada da linha de montagem e produção em massa.

De acordo com Charles Sorensen desenhar a planta de *Willow Run* partiu a princípio de uma comparação por similaridade de um Ford V-8 com um bombardeiro com quatro motores, o *Liberator*.

Segundo ele, em primeiro lugar, quebrar o *design* da aeronave em unidades essenciais e fazer um *layout* de produção separado por tipo de unidade foi um pressuposto que o auxiliou na decisão de esboçar o *layout* a ser adotado para esse modelo de avião.

Na sequência, a ênfase foi dada ao número de unidades a serem fabricadas partindo da sequência lógica da montagem para se montar uma unidade na linha de montagem concebida a partir do *layout* definido, ou seja, o que era necessário em um fluxo linear contemplando todas as etapas de montagem sequencialmente, para fazer uma unidade inteira do avião acabado.

O responsável pelo desenho da linha de montagem (Charles Sorensen), a partir do exposto, buscou abrigar todo o processo do começo ao final dentro de uma linha de montagem receptora dos componentes, conjuntos e subconjuntos com o propósito de fornecer para cada uma das operações existentes a quantidade correta desses itens do modo mais eficiente possível, o que o levou a desenhar uma nova planta industrial especialmente projetada para acomodar o *layout* de acordo com a sequência lógica de montagem como descrito.

Charles Sorensen, na época, não deslumbrou nenhuma impossibilidade em tal ideia, mesmo com a produção em massa de algo que se aproxime do tamanho e da complexidade de um B-24, o que nunca tinha sido tentado antes.

A Figura 11 ilustra a linha de montagem do B-24 *Liberator*.

A Figura 12 ilustra o processo de fixação dos rebites da asa.

A Figura 13 ilustra o layout da fábrica de *Willow Run*.

Figura 11 – Montagem da asa – duas linhas de montagem paralelas convergem após a asa exterior ser acoplada no B-24 *Liberator*.



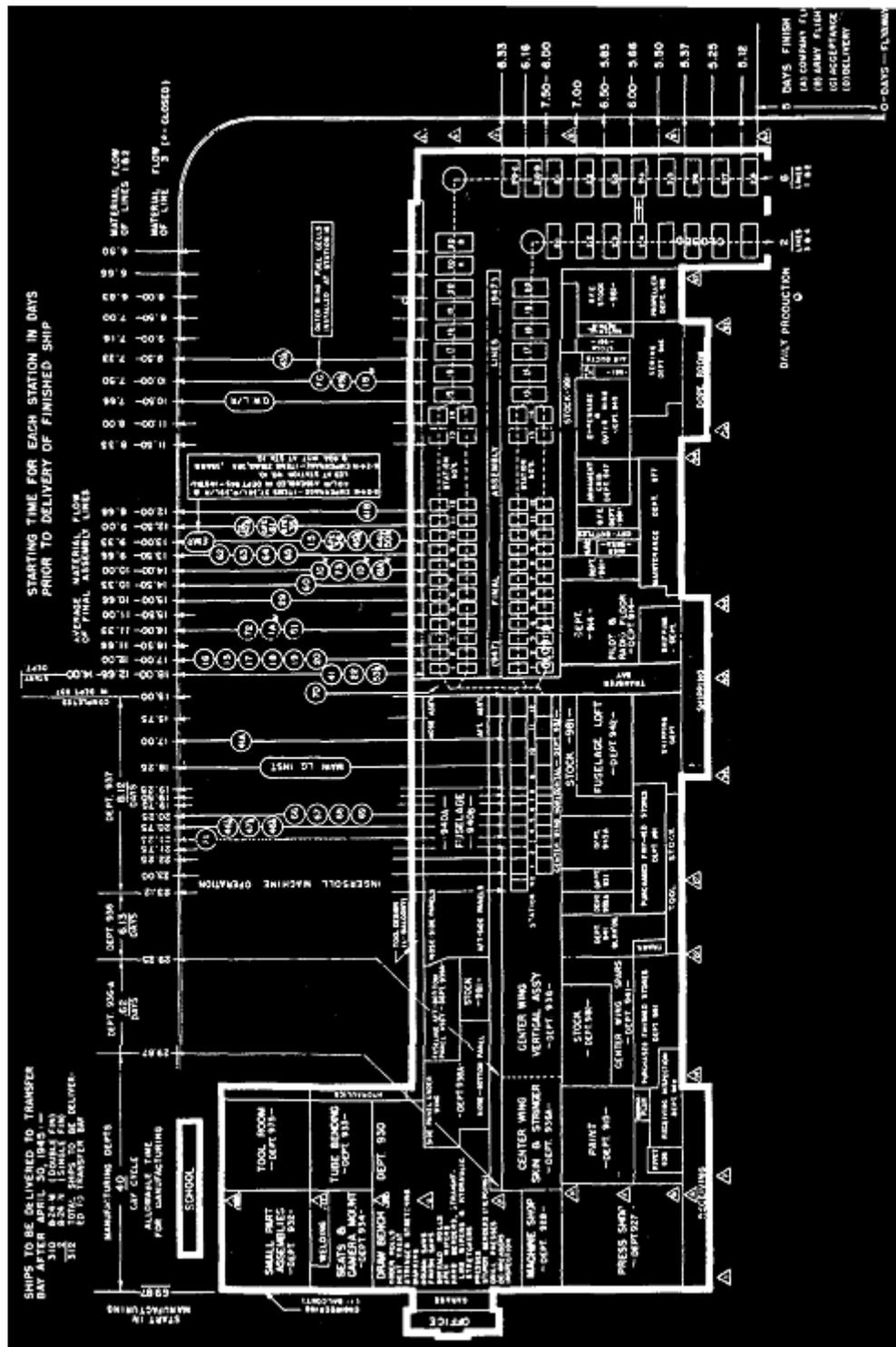
Fonte: http://www.strategosinc.com/willow_run.htm.

Figura 12 – Rebitando a parte inferior da asa B-24 *Liberator*.



Fonte: http://www.strategosinc.com/willow_run.htm

Quanto mais próximo de um B-24 chegou à sua montagem final quanto menos princípios da produção em massa havia quando comparado com o sistema projetado na Ford para a montagem de automóveis. Em *Willow Run* um avião era fabricado de modo customizado.

Figura 13 – *Layout* da Planta de Willow Run em torno de 1944.

Fonte: http://www.strategosinc.com/willow_run.htm.

A planta do *layout* proposto por Charles Sorensen tinha um quilômetro de comprimento por 0,4 quilômetros de largura, o maior edifício industrial único realizado até o momento por Charles Sorensen, rubricado por Edsel Ford, seus dois filhos e outros envolvidos no projeto.

O resultado do trabalho árduo de uma noite de Charles Sorensen gerou o esboço original de *Willow Run*, que levou dois anos para ser construído a partir da programação do processo de montagem de um *Libertador* de quatro motores por hora, o que correspondeu a 18 bombardeiros por dia, e até o final da guerra o total de 8.800 grandes aviões das linhas de montagem para o ar.

Com a aprovação da proposta de *layout* pela *Ford Motor Company* o passo seguinte, como exposto, foi construir uma fábrica deste tipo.

A obra custou em torno de 200.000.000 de dólares apoiado apenas por um esboço a lápis. *Willow Run* tornou-se uma realidade. Era a personificação da engenharia americana, perseverança e produtividade. Dados da Fábrica:

- 488.193 peças movimentadas;
- 30.000 componentes movimentados;
- 24 submontagens por unidade;
- Pico de produção 25 unidades por dia;
- 25.000 desenhos de engenharia;
- Dez modelos eram alterados a cada 6 horas;
- 1.000 mudanças de execução ao longo do processo;
- 34.533 empregados no pico de produção;
- 100% aumento da produtividade apontada após a operação do *layout* proposto.

3.3. Modularização das aeronaves a partir da década de 1990

3.3.1 Introdução

O avanço da tecnologia de processo e de produto da indústria aeronáutica mundial se deu de modo significativo após a Segunda Guerra Mundial no campo da aviação civil.

Contudo, a experiência de *Willow Run* como um princípio do desenvolvimento da modularização do avião similar à indústria automobilística não ocorreu na mesma velocidade e como se espera nos dias atuais a partir da leitura do relato da concepção do *layout* da fábrica de *Willow Run*. Frigant (2005) aborda o evento da modularidade das aeronaves como um determinismo tecnológico e enfatiza que os estudos iniciais dos processos de fabricação modulares no setor aeronáutico têm mostrado o avanço do conceito no escopo dos projetos de novos produtos, o que passou a exigir uma estrutura organizacional fundamentalmente nova das indústrias do setor.

Segundo o autor, há na literatura estudos a respeito da hipótese da modularidade ser considerada como um determinismo tecnológico, o que não é simples e requer estudos mais aprofundados.

A partir dos estudos de Frigant (2005) o entendimento de determinismo tecnológico refere-se à teoria, a qual define que a modularidade tecnológica sempre precede a modularidade organizacional, ou seja, normalmente as empresas quando decidem modularizar os seus produtos partem da tecnologia e posteriormente para a modularização organização.

Nesse contexto, a literatura considera com a definição mais preeminente de produção modular a concepção de uma nova matriz de um modelo coerente para a organização das relações da indústria com os fornecedores, os quais devem ser mais qualificados e não apenas executar processos que geram componentes ou peças específicas, e sim fornecedores detentores de *know-how* tecnológico do componente e peça, assim como do processo de obtenção alinhado com as especificações técnicas de projeto do produto acabado o qual esses itens devem ser montados.

Trata-se, contudo, de um projeto de produto dividido em partes com cunho tecnológico distinto que se completa no todo, ou seja, é uma coerência que depende da criação de um conjunto tecnologia / organização adequada envolvendo parceiros o que significa um número maior de empresas parceiras, esse número pode ser significativo dependendo da complexidade do produto que deve impactar conseqüentemente na complexidade da cadeia de suprimentos.

Portanto, dentro desse cenário Frigant (2005) explora o fato de que a modularidade está dentro do contexto da gestão da complexidade e pode ser considerada como uma questão crucial nas indústrias de montagem e relaciona a necessidade de abordar a modularidade como um problema vital para as indústrias.

Devendo ser destacado que mesmo não sendo recente, a modularidade se tornou um problema muito mais crítico nos últimos anos, devido às inovações tecnológicas de processo e de produto e o fato da concorrência pela inovação tecnológica ter se tornado o maior desafio das empresas do segmento aeronáutico em função também da fusão de diferentes tecnologias de cada elemento, conjunto ou subconjunto que constitui uma aeronave o que aumenta a complexidade do projeto e a fabricação dos produtos.

Na visão de Pavitt (2003) o *design* modular é uma resposta da Engenharia de Produto e de Processo para lidar com a crescente complexidade dos produtos, principalmente produtos com múltiplas tecnologias.

3.3.2 Dimensão Tecnológica

Pavitt (2003) destaca que o cerne do papel da modularização pode ser definido a partir do conceito de que o *design* modular conduz a Engenharia a uma espécie de Lego ou quebra cabeças.

O trabalho de Frigant (2005) trata do impacto organizacional da modularidade a partir de dois aspectos:

- 1) **Desintegração Vertical** – dando como exemplo as indústrias de eletrônicos e informática;
- 2) **Padronização de interfaces** – a modularização permite um aumento da terceirização e dependência de coordenadas de indústrias parceiras que dominam o *know-how* necessário para o desenvolvimento e aprimoramento de diferentes tecnologias necessárias ao projeto e atualização do projeto dos produtos acabados atuando como parceiros e fornecedores de primeiro nível (*first-tier suppliers* (FTSs)) no desenho da cadeia de suprimentos. Contudo, o autor destaca que a modularização dos sistemas de produtos complexos (*complex products systems* (COPS)) exige o conhecimento de um campo de conhecimento de áreas específicas muito mais amplo envolvendo diferentes fornecedores espalhados no mundo todo, e que, se a terceirização é possível, implica na manutenção de relações estreitas com os fornecedores.

Contudo, a literatura explora o aspecto de que a eficiência da relação tecnologia / organização entre os parceiros requer que as competências necessárias para a fabricação do produto seja atendida por completo, o qual, por sua vez, necessita de uma estrutura organizacional especial, ou seja, a complexidade do produto se estende à gestão.

Com ênfase à manufatura a produção modular pode ser definida como um método de concepção e produção de um bem com duas dimensões intrinsecamente relacionadas:

- 1) Dimensão da tecnologia;
- 2) Dimensão organizacional.

De qualquer forma a busca pela modularidade de um produto é o resultado de uma necessidade de quebrar sistemas complexos.

Contudo, modularidade é dividir um produto final em grupo de subgrupos, simples ou complexos, os quais são, em seguida, interligados por meio de interfaces normalizadas.

Trata-se de um jogo de Lego onde cada elemento do jogo é um módulo cujas interfaces, as cavilhas e os encaixes, são padronizados e que, assim, permite que o elemento a ser integrado, independentemente da sua forma, resulta após a montagem final em um sistema complexo. A característica principal do jogo da modularidade é que a forma de cada módulo, e, especialmente, as interfaces, são fixas, e desse modo o conceito de modularidade permite uma grande variedade na montagem. Obviamente, Frigant e Talbot (2005) destacam que no caso de produtos industriais, o processo é muito mais complicado, uma vez que implica no fato que o produto final é um sistema complexo e que especificar os módulos e as suas interações é complexo.

Segundo Ulrich, 1995 quando cada módulo devido a sua concepção ou quanto o fator construtivo permite a combinação de diferentes componentes físicos, sugere que uma definição de modularidade pode ser vista em termos de arquitetura do produto.

A arquitetura do produto é a maneira em que todos os elementos funcionais e os componentes físicos do sistema global (o produto) podem ser dispostos, constituindo o produto acabado.

A partir do exposto por Ulrich (1995) Frigant e Talbot (2005) especifica-se a arquitetura de um produto a partir da seguinte proposição:

- a) A maneira pela qual os diferentes elementos funcionais do complexo sistema são montados em conjunto. Este projeto irá determinar o desempenho global do produto.
- b) A maneira pela qual esses elementos funcionais são transpostos para componentes físicos. É este último que estes estão integrados concretamente no produto. A questão essencial aqui é saber se a função deve / pode ser cumprida por um ou mais componentes.
- c) A maneira pela qual os componentes são ligados uns aos outros e ao sistema global. A questão recai em seguida, para as interfaces que governam as interações físicas entre os componentes. No caso em que uma modificação de um componente implica uma consequente modificação de um componente ligado, a interface é denominada acoplada.

Um produto modularizado tem como característica principal a possibilidade da dissociação das interfaces dos componentes, conjuntos ou subconjuntos que o compõe sendo de primordial importância o fato de que essa concepção significa que cada módulo individual pode ser desenvolvido, pré-montado e modificado separadamente, sem qualquer alteração de outros módulos ou uma redefinição do produto como um todo.

A partir dessa particularidade uma arquitetura modular é frequentemente procurada quando novas funcionalidades ou tecnologias são introduzidas em um determinado produto com certa frequência de modo que o interesse pela modularidade é evidenciado por empresas dentro desses setores que buscam:

- 1) A competitividade, a qual depende da diferenciação do produto, por exemplo, na indústria automobilística.
- 2) A vida útil do produto é particularmente longa e / ou as condições de funcionamento são críticas quanto a funcionalidade do produto o que aumenta a complexidade dos problemas de manutenção e / ou exigir a atualização de programas, como na indústria aeronáutica.
- 3) Os regulamentos e tecnologia relativos a algumas funções do produto são variáveis e evoluem em um ritmo com alta frequência de modificações profundas no projeto do produto.

Frigant e Talbot (2005) destacam que com efeito, uma arquitetura modular torna muito mais fácil a realização de modificações incrementais de um produto ao longo de sua vida útil.

Frigant e Talbot (2005) mostraram como, na indústria eletrônica, um produto é readaptado e concebido de modo a atender às necessidades expressas do mercado bem depois de seu lançamento inicial.

Para Frigant e Talbot (2005) de um modo geral, a modularidade permite um aumento no número de variantes (modelos) de um produto dentro do âmbito de uma estratégia para a oferta de múltiplas opções do produto.

Frigant e Talbot (2005) apontam para a dimensão organizacional identificando que a modularidade busca o aprofundamento da divisão do trabalho no sentido de que a arquitetura do produto modular implica uma dissociação das tarefas, no conceito e na produção, em cada módulo a ser montado no produto acabado separadamente. Desse modo o peso de fatores que levam a uma desintegração vertical, deve forçar grandes empresas verticalmente integradas a transformar sua estrutura organizacional tradicional em uma estrutura organizacional modularizada.

A partir da modularização do produto e conseqüente desintegração vertical a empresa passa a buscar por meio da Engenharia do Produto a simplificação dos componentes de interligação relacionados com o desenvolvimento, a produção e a modificação do produto.

Para que esse processo ocorra de modo eficiente e eficaz uma arquitetura modular deve contar com dois grupos de parceiros com funções pontualmente definidas:

- 1) O primeiro é o arquiteto do produto. Sua função é definir as características gerais do produto, bem como especificar as interfaces.
- 2) O segundo agente consiste no desenvolvimento e na produção dos módulos.

Frigant e Talbot (2005) destacam que o ponto essencial da modularização é que o arquiteto não necessita saber das características intrínsecas dos módulos. Neste contexto, introduziram uma distinção útil entre os elementos visíveis e invisíveis. O papel do arquiteto é limitado para definir os elementos visíveis do sistema. Ele está preocupado apenas com os pontos de encontro entre os componentes, ou seja, as interfaces e as especificações funcionais e físicas (tamanho, peso) que foram atribuídos aos módulos.

Assim, segundo os autores, o conteúdo real do módulo, seja a disposição física dos seus componentes (e as suas propriedades intrínsecas) ou o arranjo funcional dos subsistemas incorporados no módulo, pode permanecer invisível. Por outras palavras, todos os equipamentos relacionados com o desenvolvimento do produto não precisa ter a totalidade do conjunto de informação para realizar as suas funções específicas. Daí em diante, a modularidade iria promover uma divisão de trabalho entre as equipas, pelo menos no caso de decisões detalhadas a respeito de uma funcionalidade ou material particular.

Sanchez e Mahoney (1996) e Frigant e Talbot (2005) sinalizam que a modularidade procura reunir a especialização de tarefas e da autonomia das equipas envolvidas na concepção / produção, o que segundo os autores pode resultar em um aumento na eficiência da cadeia de valor, principalmente pela aceleração do processo de exploração da aprendizagem dinâmica das competências que já se tornaram mais focadas

Para isso, Frigant e Talbot (2005) apontam para a direção que o arquiteto deve ter todo o seu conhecimento sobre a definição do produto em arquitetura, especialmente o *know-how* técnico relacionado, por um lado, as funções dos módulos por si mesmos e, por outro, a identificação de suas interações. Além disso, ele também deve ser esclarecido em função do mercado, de modo a ser capaz de chegar a produtos comercialmente viáveis. Quanto às equipas responsáveis pelos módulos, eles devem reorientar-se apenas nas competências que têm relação direta com a produção dos elementos particulares que tenham sido dadas a cargo de um fornecedor em potencial.

Sturgeon (2002) *apud* Frigant e Talbot (2005) ressaltam que embora comunicação entre os parceiros em um projeto modular é fundamental a coordenação das atividades de desenvolvimento e execução do projeto pode teoricamente ser conseguida pela utilização de canais de comunicação relativamente simples, baseada na tecnologia da informação. Os autores apontam para a influência que a modularização exerce no equilíbrio entre a divisão e a centralização das funções desempenhadas a partir das restrições de custo operacional inerentes ao processo de transmissão, recepção e processamento de informações de modo que a integração entre os centros de tomada de decisão das questões relacionadas ao *design* de produto que devem ser consideradas no desenvolvimento do projeto com ênfase além das especificações técnicas também no processo de produção.

Nesse caso, a simplificação dos processos de coordenação com a dinâmica de uma competitividade que resulta da concorrência entre os diferentes módulos por fornecedor deve favorecer a desintegração vertical (STURGEON (2002) *apud* FRIGANT e TALBOT (2005)).

Desse modo Frigant e Talbot (2005), a partir da literatura, apontam para o fato de que a arquitetura modular de produtos deve induzir a formação de uma arquitetura organizacional igualmente modular:

- 1) O fabricante do produto final é o arquiteto do projeto do produto final e deve coordenar uma rede de fornecedores dos respectivos módulos que constitui o produto desde o projeto a partir das especificações técnicas de modo sistêmico até a produção dos módulos e fornecimento à planta de montagem do fabricante. Frigant e Talbot (2005) mencionam que o arquiteto do projeto nos dias atuais pode ser uma empresa virtual ou uma empresa integradora de sistemas, indicando os autores Langlois (2003) e Prencipe (2003) como literatura consultada a respeito desse tema.
- 2) Módulos organizacionais são desenvolvidos por fornecedores em diferentes níveis da cadeia de suprimentos a montante do processo de produção, encarregados do projeto e produção dos módulos.
- 3) Interface organizacional formada a partir de vários processos de coordenação inerentes ao desenvolvimento e execução do projeto a partir da integração entre as empresas relacionadas.

É a partir das considerações feitas por Frigant e Talbot (2005) que é possível avaliar a existência de fatores que impactam o processo da modularização dos produtos: o desafio de reduzir a complexidade e a necessidade da reestruturação organizacional da empresa fabricante.

Clark e Fujimoto (1991) e Sturgeon (2002) a partir da necessidade de se aproveitar as oportunidades, a partir da modularização do produto, de promover o processo de especialização da engenharia, citando como exemplo produtos como o computador e o caso das indústrias de eletrônicos e montadoras de bicicletas que se posicionaram estrategicamente colocando como prioridade o processo de modularização dos seus produtos tornando-se os pioneiros em explorar os benefícios do sistema modular.

Quanto ao produto avião Frigant e Talbot (2005) destacam que do ponto de vista tecnológico, a complexidade do processo por trás da concepção e produção de aviões não pode ser julgada pelo número de componentes necessários para que ele voe: um *Airbus* tem mais de dois milhões de peças (incluindo rebites). Desde muito cedo, os fabricantes de aviões procuraram reduzir esta complexidade dividindo a aeronave em uma série de módulos relativamente independentes ligados por interfaces mais ou menos uniformes e estáveis.

É fato também que o início do processo de modularização no setor aeronáutico teve o propósito de alavancar o processo de redução dos custos de desenvolvimento dos projetos quanto à participação do risco por parte do fornecedor e os encargos relacionados à produção dos módulos de modo, como mencionado, a transferir os investimentos iniciais do desenvolvimento do projeto do produto para fornecedores de módulos que passaram a assumir em conjunto com o fabricante os riscos do projeto.

Frigant e Talbot (2005) expõem a existência de dois elementos vitais que apoiaram na década de 2000 o processo de modularização das indústrias do setor aeronáutico mundial e que por sua vez acabaram por permitir a transição para do sistema tradicional para o sistema modular e, ao mesmo tempo ajudar a justificar a partir da literatura por que o *design* modular surgiu com força no segmento dos fabricantes de aeronaves, em especial no mercado Europeu. Esse início é interessante pelo fato de que o autor indica como primeiro fator a questão política entre a França e os Estados Unidos que resultou do interesse do governo Francês em criar uma indústria mista contemplando parte do investimento estatal e parte do setor privado, a fabricante de aviões (*Airbus*), com o simples propósito de competir com a *Boeing*. Nesse cenário a França criou, segundo Frigant e Talbot (2005) e artigos em revistas especializadas em aviação na época, o consórcio *Airbus* com empresas de diferentes nacionalidades, com a finalidade de cooperarem a partir de uma relação comercial harmônica capaz de permitir ao consórcio a utilização das habilidades dos engenheiros das respectivas empresas de modo a conciliarem a partir de um conceito comum o *know-how* de cada um com o único propósito de reduzir os módulos do avião de modo que cada país ficasse responsável por uma parte de sua concepção e fabricação.

De acordo com a descrição realizada até o parágrafo anterior, com base nos argumentos de Frigant e Talbot (2005) o processo de modularização da *Airbus*, já no início da constituição do consórcio deu início como um protótipo inicial no nível mundial, sendo destacado pelo autor que os primeiros módulos desenvolvidos a partir do novo conceito de concepção de projeto de um novo avião se deram a partir dos controles eletrônicos.

Desse modo Frigant e Talbot (2005) descrevem que com o objetivo de suprimir uma grande parte das ligações mecânicas e hidráulicas no escopo do projeto ou plano de intenções do consórcio, os engenheiros responsáveis foram capazes de desenvolver a arquitetura modular do produto.

O sucesso tecnológico e comercial dos modelos da *Airbus* acabou por ser o diferencial do projeto que resultou na motivação da iniciativa de tornar realidade um novo processo de *design* que passou a dominar a indústria aeronáutica e que a partir desse momento histórico da criação da *Airbus* tornou realidade o processo de subdividir uma aeronave em alguns módulos principais com funções claramente definidas e por sua vez cada um dos módulos em submódulos.

Com base na proposta da *Airbus* Frigant e Talbot (2005) descrevem que esse primeiro indício do uso do conceito de sistema modular passou a priorizar em cada etapa uma interface dissociada, tanto de sistemas mecânicos quanto de sistemas eletrônicos como descrito pelo autor:

- 1) **Módulos definidos como do grupo Aviônica** – consiste na integração da navegação e sistemas de controle de voo. Trata-se do grupo de módulos principais da aeronave e tem um grande número de interfaces, como o sistema de controle de voo e a fonte de alimentação elétrica.
- 2) **Módulos estruturais da aeronave** – fuselagem (subdividida em seções), realização do processo definido como empenagens horizontal e vertical. Constituem o corpo físico do produto e estão ligadas uns aos outros (módulos) por ligações mecânicas simples, as asas.
- 3) **Módulos motores** – ligados às asas por meio de encaixes macho fêmea do motor com a ajuda de conexões mecânicas e elétricas.
- 4) **Módulos do trem de pouso** – ligado diretamente à fuselagem. Baseado em uma arquitetura modular, a *Airbus* e a *Boeing* desenvolveram uma gama de aeronaves com mais de 100 lugares, em que cada modelo compartilha alguns módulos um com os outros.

Salvador et al. (2002) afirma que o mesmo procedimento foi adotado pela fabricante de aeronaves *Dassault* para seus jatos executivos *Falcon*, disponíveis em vários modelos.

A empresa passou a exigir que o *design*, produção, montagem e operação das suas aeronaves passassem a serem mantidos com a maior similaridade possível, mantendo o foco na diversidade de produtos requisitados.

O autor destaca dentro do exposto o caso dos aviões A318 / A319 / A320 / A321 e A330 / A340 com o mesmo painel de instrumentos, os mesmos procedimentos de pilotagem, os mesmos itens do grupo aviônica e os mesmos sistemas não havendo praticamente nenhuma diferença nos *cockpits*.

Ainda segundo o autor as asas do A318 / A319 / A320 / A321 são todas idênticas, apresentando apenas diferenças no comprimento da fuselagem e, conseqüentemente, no número de assentos sendo o mesmo princípio aplicado para as aeronaves A330 / A340 com o número de motores variável podendo ser de dois a quatro motores produzidos por diferentes fabricantes de modo a atender diferentes requisitos operacionais das companhias aéreas, ou seja, trata-se da padronização das interfaces entre os módulos do motor.

É relevante constar nesse contexto as informações do autor relacionadas à primeira geração de jatos comerciais, como o B707, o DC-8 ou o *Caravelle* da empresa francesa *Aerospatiale*, os quais não eram possíveis por parte do comprador definir a customização do produto por módulos, por sinal, não é possível para esses modelos customizar o produto.

De modo que graças à modularidade, primeiro a *Airbus* e depois a *Boeing* projetou suas aeronaves a partir do conceito de família de produtos, sendo que a arquitetura do produto e as várias interfaces passaram a ser compartilhadas por todos os modelos desses fabricantes.

Erens e Verhulst (1997) e Frenken (2000) colaboram com os casos de empresas do setor aeronáutico quanto ao processo de modularização a partir da descrição de que os próprios modelos de aeronaves são o resultado da mudança de alguns módulos caracterizando que este conceito tem a vantagem de permitir o desenvolvimento de qualquer subsistema, sem ter de redefinir o produto inteiro, assim como Henderson e Clark (1990) definem que tal programa pode se estender por 40 anos, passando por vezes por grandes transformações tecnológicas, embora analiticamente incrementais, sem ter que mudar o projeto inicial do produto, e apontam como exemplo o projeto do avião B747.

3.3.3 Dimensão Organizacional

De acordo com Frigant e Talbot (2005) é fato que tradicionalmente, as relações com os fornecedores na indústria aeronáutica transcenderam o desdobramento do sistema de suprimentos em uma cadeia de fornecimento fechada no sentido de que a fabricante de aeronaves acabou por envolver uma rede de empresas classificadas como subempreiteiros no processo de montagem das aeronaves.

O mesmo acontece ainda segundo Frigant e Talbot (2005), no nível da concepção, em que o fabricante se tornou o ponto central da cadeia de abastecimento.

O fabricante projetou a definição geral da aeronave e todo o detalhamento inerente dos seus subconjuntos internamente por intermédio da sua Engenharia de Produto.

Como em diversos outros segmentos indústrias, relacionados a empresas detentoras do *know-how* do produto acabado por inteiro, em função dessa condição, por um longo tempo, assumiu o papel de que ser um fabricante de aeronaves significava dominar a cadeia de valor em sua totalidade, incluindo os métodos de produção e concepção dos conjuntos e subconjuntos desde os primeiros esboços e determinação das especificações técnicas. FRIGANT e TALBOT (2005)

As tarefas externas eram baseadas em uma lista de especificações em que não só as especificações completas de produtos, mas também os métodos de operação eram pré-definidos pelo fabricante, ou comprador dos fornecedores dispostos a atender as necessidades específicas definidas pelo detentor do projeto completo.

Como marco dos primeiros indícios da transição do sistema tradicional para o sistema modular é possível afirmar, com base no trabalho de Frigant e Talbot (2005), que no final da década de 1980, os fabricantes de aeronaves começaram a questionar esse modelo a partir da especialidade dos fornecedores requisitados no momento da subcontratação, dificultando o processo de aquisição dos itens a serem montados na aeronave em função do aumento significativo dos requisitos de qualificação dos itens.

O fato é que o aumento significativo dos requisitos de qualificação dos itens teve forte impacto consequentemente no processo de seleção dos fornecedores em função do avanço do desenvolvimento de novas tecnologias.

Deste modo, o aumento dos requisitos de qualificação dos itens acabou por influenciar o processo de tomada de decisão para a transição dos sistemas tradicionais para sistemas modulares na própria estrutura organizacional, devido às questões relacionadas às certificações exigidas do Sistema de Qualidade.

Além das questões relacionadas às certificações exigidas do Sistema de Qualidade surgiu a necessidade de compatibilizar as exigências de projeto com a liquidez financeira e as especificações mais funcionais do projeto do produto. FRIGANT e TALBOT (2005).

Frigant e Talbot (2005) destacam que estes desenvolvimentos, porém, com raras exceções, como por exemplo, no quesito da eletrônica de bordo, acabou por induzir os fabricantes de aeronaves a manter o foco em uma rede de fornecedores ou subempreiteiros selecionados de modo mais efetivo e criterioso quanto às necessidades de projeto a partir das especificações técnicas.

Esse movimento incentivou a tendência obviamente, para uma estrutura organizacional piramidal com a redução do número de fornecedores e aumento dos critérios de seleção desses mesmos fornecedores com base na avaliação do processo de compra dos subconjuntos, com a participação mais efetiva da Engenharia de produto, pois a partir dessa tendência os componentes a serem fornecidos tornaram-se muito mais complexo.

O fabricante ainda manteve sua predominância, especialmente sobre as definições detalhadas dos subconjuntos cujo projeto era negociado com o fornecedor ainda com forte intervenção com relação aos controles de determinações de desenvolvimento e execução do fabricante considerado o arquiteto do projeto.

Talbot (2000) argumenta que a natureza modular da aeronave nesse período não significou uma mudança da estrutura organizacional dessas empresas que se manteve claramente centralizada até então em que o fabricante quase que exclusivamente mantinha o controle da concepção do projeto como um todo envolvendo todos os conjuntos e subconjuntos relacionados.

É a partir da década de 1980 que há a incidência de fortes mudanças no projeto das aeronaves, devendo ser considerado que no caso da fuselagem, por exemplo, diminuiu em comparação com os demais sistemas do produto final de acordo com Kechidi (1996).

As mudanças percebidas impactam na dificuldade dos fabricantes de manter o domínio com relação ao desenvolvimento do projeto por todo o conjunto de sistemas das aeronaves, devido à vasta gama de habilidades diferentes que o projeto passou a requerer com um alto nível de tecnologia envolvido com evolução exponencial, principalmente no quesito desenvolvimento de novos materiais, além da necessidade do fabricante ser obrigado a manter um esforço muito maior na busca das competências essenciais necessárias ao bom andamento do projeto e de se limitar ao papel de projetar e montar os componentes estruturais.

O cenário descrito na década de 1980 se desdobra na década de 1990 a partir, de acordo com Frigant e Talbot (2005) no aumento da delegação de responsabilidades o que permitiu que os fornecedores desenvolvessem suas próprias competências em relação a projeto.

Contudo, além do projeto, os fornecedores evoluíram de modo que ao mesmo tempo em que desenvolveram um potencial de aprendizagem relacionado ao trabalho em equipe e cooperativo ao longo de toda a cadeia de valor, passaram a contribuir para o avanço do sistema modular nas duas dimensões: tecnologia e organização.

Haas et al. (2001) enfatizam que dentre os fatores que apoiaram o avanço da assimilação do conceito de sistema modular no setor aeronáutico é importante destacar a questão dos orçamentos dos projetos quanto às fontes de financiamento que a partir da década de 1990 se tornaram escassas por parte do principal financiador, o Estado, que como fonte financeira tradicional limitou o crédito em contra partida do aumento crescente das despesas de pesquisa e desenvolvimento que não parava de crescer.

Tal mudança de cenário levou os fabricantes a buscarem alternativas para economizar tempo e recursos financeiros, desde a fase de desenvolvimento do produto até o pós-venda com foco na mobilização dos recursos nas mãos dos fornecedores, o que se tornou o principal objetivo da transição para o sistema modular.

Nesse contexto os autores destacam o fato de que historicamente a *Boeing* terceirizou muito pouco para os fornecedores não americanos, anterior às décadas de 1980 e 1990 tendendo a partir de então até os dias atuais a focar na inclusão da indústria aeronáutica japonesa, como por exemplo, o programa 7E7 envolvendo em torno de 35 por cento do total do projeto o que contribuiu para as duas principais empresas nacionais japonesas encomendar o novo modelo.

Em contrapartida Frigant e Talbot (2005) destacam que a *Airbus* adotou uma estratégia semelhante com a China por intermédio da subcontratação de pelo menos cinco por cento do novo programa A350 com os fabricantes de peças chinesas, como posteriormente foi o caso do A380 e os modelos A330/340.

Esse é o cenário no qual o sistema modular na indústria aeronáutica tomou corpo e se desenvolveu até os dias atuais, de modo que a *Airbus* e outros fabricantes de aeronaves, como na França a empresa *Dassault* seguiram a tendência, assim como empresas espalhadas no mundo todo desse segmento o que provocou uma reorganização das cadeias de abastecimento.

A reorganização das cadeias de suprimentos é caracterizada por Frigant e Talbot (2005) como:

- 1) Uma redução drástica no número de fornecedores diretos;
- 2) Os fornecedores selecionados assumiram toda a responsabilidade pela concepção e produção dos módulos que lhes foram confiados; e
- 3) Riscos assumidos por todos, fornecedores e fabricantes por projeto. O desenvolvimento do novo A380 da *Airbus* e o *Falcon 7X* da *Dassault* são bons exemplos destas novas tendências em matéria de atribuição de tarefas intra e inter empresas.

Em ambos os programas, os fabricantes aumentaram muito as responsabilidades do (*first-tier suppliers* (FTSs)).

No caso da *Airbus*, estima-se que os componentes do A380 foram fornecidos por não mais do que cerca de 50 (*first-tier suppliers* (FTSs)) que também assumiram 30 por cento dos 10 mil milhões de euros investidos em pesquisa e desenvolvimento (Haas et al., 2001).

A nova concepção de projeto das aeronaves atualmente implica que o fornecedor que pretende ter participação direta assegurada no projeto de um novo produto de um fabricante significa participar do financiamento dos custos de pesquisa e desenvolvimento do produto acabado e de arcar com essas responsabilidades, até a aeronave ser certificada.

Frigant e Talbot (2005) concluem que o cenário descrito, por sua vez significa que o (*first-tier suppliers* (FTSs)) encontra-se totalmente autónomo nas dimensões tecnológicas e produtivas, especialmente a respeito de seus métodos operacionais, a fim de entregar os resultados que lhes são exigidos.

A este respeito, o fabricante tem de externalizar os módulos que serão posteriormente recebidos pela fabricante pré-montados, e com rastreabilidade garantida. Frigant e Talbot (2005) também enfatizam que, além disso, os investimentos materiais e intangíveis devem ser distribuídos por um número preciso de aeronaves (250 no caso do A380) com a carga de trabalho a ser assumida inteiramente pelo (*first-tier suppliers* (FTSs)).

O (*first-tier suppliers* (FTSs)) pode esperar para ter lucro somente após essa quantidade de produtos produzidos.

De acordo com Frigant e Talbot (2005) conclui-se que a tendência para a terceirização e a divisão de competências necessárias ao estabelecimento de um elaborado sistema de coordenação coletiva no desenvolvimento e execução de novos projetos de aeronaves que surgiu inicialmente na década de 1980 e prosperou até os dias atuais foi o responsável por permitir ao fabricante controlar todo o processo de *design* e produção dos novos produtos.

Esse processo, de acordo com Frigant e Talbot (2005) teve um impacto significativo no uso de ferramentas computacionais de *design* da plataforma CAD / CAM e demais *softwares* de mercado, além da introdução do conceito da engenharia simultânea e da necessidade de uma padronização da configuração de treinamentos e manutenção da documentação de projeto a partir de uma linguagem universal capaz de integrar os parceiros, independente do projeto e do fabricante envolvido.

Frigant e Talbot (2005) destacam o fato da tendência, após a expansão do conceito de sistema modularizado no segmento aeronáutico, do processo de desenvolvimento e execução do projeto do produto ser complementado pela formação de equipes de projeto composto por uma força de trabalho mista, tanto do fabricante quanto do seu (*first-tier suppliers* (FTSs)).

O autor destaca também que esta transformação é bem ilustrada no desenvolvimento dos aviões A340-500/600 em 1997, quando formou seu primeiro *Airbus* de equipe mista.

Desse modo a literatura aponta para a evolução do sistema modular expandido para o processo de desenvolvimento e execução do projeto do A380, com a formação de uma equipe de mil engenheiros e técnicos em *Toulouse*, onde o pessoal de ambos os fabricantes e os fornecedores se uniram.

Em geral, a complexidade do produto e a conseqüente necessidade de terceirizar o *design* e produção de algum módulo necessário do projeto conduziu o arquiteto do projeto a uma ideia mais clara dos aspectos tecnológicos e organizacionais de todas as interfaces.

Os exemplos da indústria de aeronaves civis e da *Airbus* em particular, destaca o fato de que a adoção de uma arquitetura de produto modular permite a adoção de uma arquitetura organizacional igualmente modular, do desenhista ao montador de fuselagens, podendo ser destacado:

- 1) Não se coloca de um lado uma rede de (*first-tier suppliers* (FTSs)) cujo trabalho é projetar e fabricar os módulos em sua totalidade.
- 2) E, nas outras diversas interfaces organizacionais o conceito de sistema modular é implementado a partir do uso da engenharia simultânea e do *design* por equipes mistas, envolvendo do desenho da linha de montagem com processos documentados a partir dos dados sobre os fluxos de produto na operação.

3.4 Setor Aeronáutico – mundo contemporâneo

O setor aeronáutico mundial é constituído por empresas de alta tecnologia, sendo que esta é uma das características marcantes deste setor. As grandes empresas do setor são a norte-americana *NASA* (*National Aeronautics and Space Administration*) também conhecida como Agência Espacial Americana, atua no segmento de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia e programas de exploração espacial, a também norte-americana *Boeing* com o *status* de maior produtora de aeronaves do mundo atuando nos segmentos comercial, executivo e militar da aviação, a europeia *Airbus* (*Airbus Société par Actions Simplifiée*), que surgiu com um consórcio entre a Alemanha, Inglaterra, França e Espanha, que atua no segmento comercial da aviação, é a segunda maior produtora de aeronaves do mundo, ficando atrás somente da *Boeing*, a empresa canadense *Bombardier* voltada para a aviação comercial regional e executiva, a *EMBRAER* (Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A) a empresa brasileira é a líder de mercado no segmento da aviação regional mundial e a terceira maior fabricante de aeronaves do mundo, atuando ainda no segmento da aviação executiva e militar e outras empresas que complementam o setor aeronáutico como, por exemplo, a *Gulfstream*, *Cessna* e a *Dassault*.

O setor aeronáutico se destaca com relação aos outros setores existentes devido ao alto valor agregado dos produtos, tanto na manufatura como na entrega do bem produzido ao cliente final. Outro ponto interessante deste setor é a cadeia de valor, que é composta por empresas que tem como clientes todas as empresas citadas acima, sendo que as mesmas, apesar de serem concorrentes, utilizam a mesma cadeia de valor para desenvolver e produzir suas aeronaves.

Algumas empresas que formam esta cadeia de valor atuam em diversos segmentos como o desenvolvimento de sistemas de *software*, *hardware*, usinagem de componentes estruturais, montagens estruturais, fornecedoras de prendedores estruturais (rebites e colares de cisalhamento), produtos químicos para proteção de superfícies estruturais dos metais, etc. Algumas empresas desta cadeia de valor são a *Latecoere*, *Sobraer*, *Sonaca*, etc. espalhadas pelo mundo.

De acordo com o ministério de ciência e tecnologia, o setor aeronáutico é o setor que possui o maior valor agregado por produto, em comparação com os outros setores, por exemplo, mineração, automotivo, naval, etc. no mercado nacional.

3.4.1 Empresa Objeto de Estudo

As informações seguintes são públicas e estão disponíveis pela internet (EMBRAER, 2010).

A empresa objeto de estudo nesta pesquisa é a EMBRAER, conceituada como uma das maiores empresas do segmento aeronáutico do cenário mundial devido à inovação em tecnologia de seus produtos e pela plena satisfação de seus clientes localizados ao redor do mundo.

Com 43 anos de existência e com grande experiência no desenvolvimento de aeronaves no segmento da aviação comercial, executiva e militar, já produziu cerca de mais de 4.100 aeronaves que operam aproximadamente em 73 países espalhados ao redor do mundo. A EMBRAER foi a maior exportadora brasileira entre os anos de 1999 e 2001 e a segunda nos anos de 2002, 2003 e 2004.

A empresa possui unidades em vários países do mundo como Estados Unidos, França, Singapura, China e Portugal, além de sete unidades no Brasil.

A matriz está localizada em São José dos Campos no interior do estado de São Paulo, e as demais unidades nos municípios de Gavião Peixoto, Botucatu, Taubaté e Eugênio de Mello.

3.4.2 Origem e Evolução da Empresa

Em 19 de Agosto de 1969 foi criada a EMBRAER, companhia de capital misto e controle estatal. Com o apoio do Governo Brasileiro, a empresa iria transformar ciência e tecnologia em engenharia e capacidade industrial no setor aeronáutico.

Além de iniciar a produção do seu primeiro modelo de aeronave, o Bandeirante, a Embraer foi contratada pelo Governo Brasileiro para fabricar o jato de treinamento avançado e ataque ao solo EMB 326 Xavante, sob licença da empresa Italiana Aermacchi.

Outros desenvolvimentos que marcaram o início das atividades da Embraer foram o planador de alto desempenho EMB 400 Urupema e a aeronave Agrícola EMB 200 Ipanema.

Ao final da década de 1970, o desenvolvimento de novos produtos, como o EMB 312 Tucano e o EMB 120 Brasília, seguido pelo programa AMX, em cooperação com as empresas Aeritalia (atualmente Alenia) e Aermacchi, permitiu que a empresa alcançasse um novo patamar tecnológico e industrial.

A entrada em operação da nova família de jatos comerciais EMBRAER 170/190 a partir de 2004 e a confirmação da presença definitiva da Embraer no mercado de aviação Executiva com o lançamento de novos produtos, assim como a expansão de suas operações no mercado de serviços aeronáuticos, estabeleceram bases sólidas para o desenvolvimento futuro da Empresa.

3.4.3 Negócios e Valores Empresariais

O negócio da Embraer é gerar valor para os seus acionistas por meio de plena satisfação de seus clientes do mercado aeronáutico global. Por gerar valor entende-se a maximização do valor da Empresa e a garantia de sua perpetuidade, com integridade de comportamento e consciência social e ambiental. A Empresa se concentra em três áreas de negócios e mercados: Aviação Comercial, Aviação Executiva e Defesa. Os valores que modelam as atitudes e unem as ações para assegurar a perpetuidade da Empresa são: nossa gente; nossos clientes; excelência empresarial; ousadia e inovação; atuação global e futuro sustentável.

3.4.4 A Missão da EMBRAER

A missão da EMBRAER é atender os clientes com soluções inovadoras, produtos eficientes e com tecnologia de ponta no segmento da aviação comercial, executiva e militar, desta forma aumentando o lucro dos investimentos dos acionistas e o pleno desenvolvimento dos seus colaboradores.

3.4.5 Produtos EMBRAER

Atualmente a EMBRAER possui aeronaves no setor de aviação civil e de defesa. Os produtos da empresa são divididos em três linhas de aeronaves.

- Jatos Regionais (Comerciais);
- Jatos de Vigilância e aviões de ataques leves e treinamentos;
- Jatos Executivos.

3.4.6 Jatos Regionais (Comerciais)

Os jatos regionais (Comerciais) da Embraer são listados a seguir conforme os modelos e capacidade de transporte.

- Os ERJ 135, ERJ 140 e ERJ 145, com disponibilidade para 37, 44 e 50 assentos.
- O ERJ 145 XR, de 50 assentos, com capacidade até 2.000 milhas náuticas.
- O EMBRAER 170 de 70-80 assentos.
- O EMBRAER 175, de 78-88 assentos.
- O EMBRAER 190, de 98-114 assentos, com certificação concluída no terceiro trimestre de 2005.
- O EMBRAER 195, com 108-122 assentos, certificado em julho de 2006.

A Embraer tem mais de 56 clientes no mundo todo. Essa abrangência internacional reflete a qualidade de suas aeronaves e também o fato de que os jatos produzidos pela Embraer se estabelecem como ferramentas essenciais no desenvolvimento da aviação mundial. Cerca de 900 jatos regionais da família ERJ 145 entregues pela Embraer voam hoje em cinco continentes, operados por mais de 30 empresas aéreas.

Eles já superaram a impressionante marca de 13 milhões de ciclos e 15 milhões de horas de voo. Os E-jets, com capacidade de 70 a 120 assentos, tem uma função estratégica nas empresas de aviação, auxiliando-as a manter seu posicionamento competitivo.

A Figura 14 mostra o Jato Comercial da Embraer 190/195 fabricado a partir do ano de 2004.

Figura 14 – Jato Comercial Embraer 190/195.



Fonte: <<http://www.embraer.com.br>>

3.4.7 Jatos Executivos

O lançamento do jato Legacy 600 no ano 2.000 marcou a entrada da Embraer no mercado de aviação executiva. A experiência da Embraer em projetar aviões para alta utilização acrescenta aos jatos executivos características únicas no mercado, proporcionando aos clientes tranquilidade e alta disponibilidade das aeronaves, com manutenção simplificada.

Os jatos executivos *Phenom 100*, *Phenom 300*, *Legacy 500*, *Legacy 600* e *Legacy 650*, bem como o *Lineage 1.000*, estão posicionados no topo de suas categorias, oferecendo espaço e conforto superiores, desempenho excelente e baixo custo operacional.

A satisfação das necessidades dos clientes é o maior direcionamento assumido nos projetos de desenvolvimento dos jatos executivos da Embraer. A Figura 15 mostra o modelo *Legacy 600*.

Figura 15 – Jato Executivo Legacy 600.



Fonte: <<http://www.embraer.com.br>>

3.4.8 Aviação de Segurança e Defesa

A Embraer desempenha um papel estratégico no sistema de defesa brasileiro, tendo fornecido mais de 50% da frota da força aérea brasileira. Cerca de 20 países por meio das suas forças aéreas no exterior também operam os produtos Embraer.

Uma linha de produtos de defesa baseados na plataforma do ERJ 145, tal como o EMB 145 AEW&C, para Alerta Aéreo Antecipado e o 145 MULTI INTEL para sensoriamento remoto, assim como o EMB 145 MP para patrulhamento marítimo e guerra anti submarino apresentam excelente potencial de vendas no concorrido mercado de defesa internacional.

A empresa oferece também soluções para treinamento e ataque leve com o Super Tucano, sucesso comprovado em todas as aplicações empregadas.

Já foram produzidas e entregues mais de 100 aeronaves para a FAB e várias unidades para outras Forças Aéreas de diferentes países.

Além dos modelos descritos, a Embraer está projetando uma das aeronaves mais modernas e completas de sua categoria: o KC- 390. A Figura 16 mostra a aeronave militar BEM 145 AEW&C.

Figura 16 – Aeronave militar EMB 145 AEW&C.



Fonte: <<http://www.embraer.com.br>>

3.4.9 Representatividade da EMBRAER no Setor Aeronáutico Mundial

A Embraer possui algumas unidades, como mencionado, no Brasil e em outros países o que a torna uma empresa de atuação global sendo a matriz da Empresa localizada na cidade de São Jose dos Campos, interior do estado de São Paulo.

A atuação das unidades mencionadas quanto aos produtos fabricados é definida de acordo com a divisão:

- _ **Site de Botucatu** - a maior parte das atividades executadas no *site* é de montagens estruturais para as aeronaves;
- _ **Site de Gavião Peixoto** - a principal atividade executada no *site* é a montagem de aeronaves executivas de pequeno porte e ensaio de vôo;
- _ **Site de Taubaté** - é o centro de logística da empresa;
- _ **Site dos Estados Unidos**;
 - _ **site de Fort Lauderdale** - são realizadas atividades de montagem de aeronaves e manutenção especializada em aeronaves Embraer;
 - _ **site de Nashville** - são realizadas atividades de montagem de aeronaves e manutenção especializada em aeronaves Embraer;
 - _ **site de Melbourne** - são realizadas atividades de montagem de aeronaves e manutenção especializada em aeronaves Embraer.
- _ **Site da França** - centro de manutenção especializado para os clientes da Embraer em toda Europa;
- _ **Site de Portugal** - Em Portugal a Embraer possui duas unidades que estão localizadas nas cidades de Évora e Alverca. Na cidade de Alverca as principais atividades são de manutenção, reparos e revisão geral de aeronaves, de motores, componentes e de acessórios. A unidade também responde pela modernização, modificação e integração de aeronaves e pela fabricação e montagem de componentes e estruturas de aeronaves, já em Évora a unidade encontra-se em construção e a mesma será dedicada à fabricação de estruturas metálicas usinadas e conjuntos em materiais compostos;
- _ **Site de Singapura** - centro de distribuição regional para operações de peças de reposição da Embraer e serviços de manutenção, reparo e estoque para clientes de aeronaves comerciais da Embraer na Ásia; e
- _ **Site da China** - a Embraer começou suas atividades em 2002 na cidade de Harbin, esta unidade consagrou-se como o primeiro empreendimento industrial da Embraer fora do Brasil, com o objetivo de produzir, montar e coordenar as operações de venda e suporte pós-venda dos aviões da família ERJ 145. Na China a Empresa também conta com um Centro de Distribuição de peças de Reposição no Aeroporto Internacional de Beijin, inaugurado em março de 2002.

Na Figura 17 são demonstradas as unidades da EMBRAER localizadas ao redor do mundo.

Figura 17 – Unidades da EMBRAER no mundo (presença global).



Fonte: <http://www.embraer.com.br>

4. DEFINIÇÃO DO PLANO DE ABORDAGEM PARA O TEMA DA PESQUISA

Com o propósito de medir e avaliar o grau de aderência das práticas da manufatura enxuta de acordo com os objetivos específicos da presente dissertação, o autor do presente trabalho definiu como escopo de projeto de pesquisa:

1. *Site* da empresa objeto do estudo - Gavião Peixoto;
2. De acordo com o tipo de aeronave a ser montada o site é dividido em oito células de montagem. As oito células foram selecionadas no estudo;
3. Definição do instrumento de coleta dos dados pertinentes ao grau de aderência das práticas da Produção Enxuta – questionário (Ferreira e Saurin (2006)). Construído a partir da adaptação de questionários encontrados na literatura. Apêndice A;
4. Seleção dos colaboradores respondentes do questionário elaborado. Vinte e três colaboradores foram selecionados;
5. Levantamento dos dados pertinentes ao grau de aderência das práticas da Produção em Enxuta das células de manufaturas selecionadas para a realização do estudo. Posterior ao levantamento dos dados a partir das respostas dos questionários encaminhados a vinte colaboradores que atuam nas células os dados foram tabulados em planilhas *Excel*, com o propósito de realizar as análises estatísticas necessárias para o estudo;
6. Descrição dos dados em ordem cronológica de acordo com o procedimento utilizado na análise dos dados.

É importante destacar que a Seleção dos Questionários respondidos para a análise dos dados considerou somente os questionários com o percentual de resposta acima de 80% das questões relacionadas respondidas. Neste caso todos os questionários foram selecionados para a pesquisa, pois todos apresentaram um percentual de respostas das perguntas de 100%, sendo que 56 perguntas são referentes ao contexto JIT, 13 ao contexto HRM, 26 ao contexto TQM e 10 ao contexto TPM, totalizando um número de 105 questões.

A Tabela 7 mostra o percentual de respostas das questões de cada célula e área analisada. É importante ressaltar que o Planejamento Integrado de Programas e Operações (P.I.P.O.) da empresa é uma área vital na qual são realizadas as atividades: **1)** *Follow-up* com áreas internas e externas à produção; **2)** Elaboração e monitoramento dos planos de recuperação; **3)** Análise do uso dos recursos de produção (mão de obra / ferramental / materiais / máquinas e equipamentos) e implementação de ações corporativas; **4)** Balancear e reestruturar a linha de montagem com o uso da rede de precedência para atendimento de novas cadências/programas; **5)** Garantir a base de dados da demanda no plano de produção; **6)** Identificar e monitorar gargalos da produção e **7)** Assegurar o atendimento de peças de

reposição para itens fabricados programando, acionando o item e seus componentes, negociando prazos e transferência de estoque entre plantas, como consta nos mapas de fluxo de valor descritos nas Figuras 18 a 55.

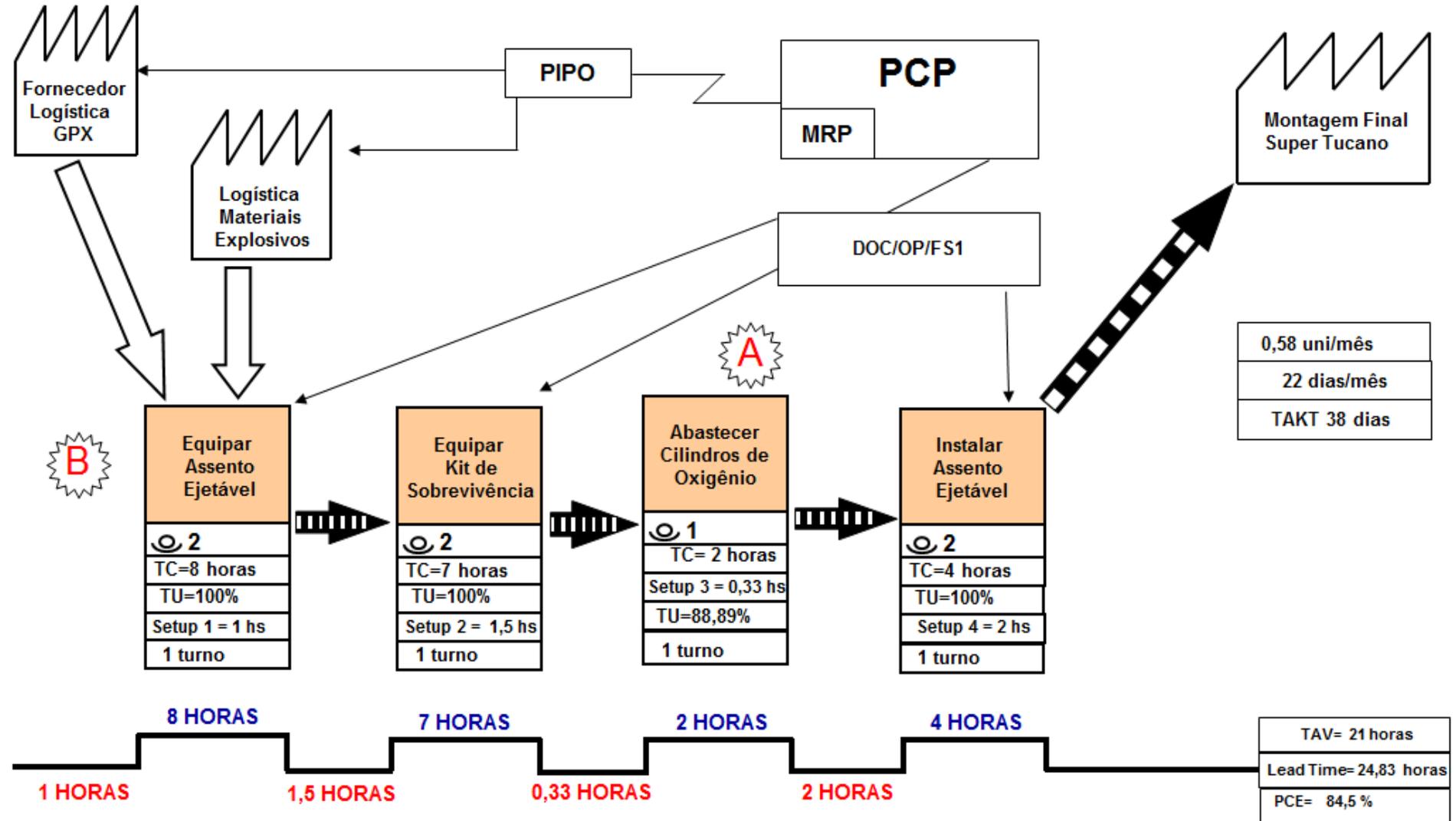
Tabela 7- Matriz de percentual de respostas do questionário por área analisada

Áreas Analisadas	Nome das áreas	Células	Número de pessoas entrevistadas	Percentual de respostas das questões
Área 1	Montagem Estrutural	Célula 1	1	100,0%
		Célula 2	1	100,0%
		Célula 3	1	100,0%
		Célula 4	1	100,0%
		Célula 5	1	100,0%
		Célula 6	1	100,0%
		Célula 7	1	100,0%
		Célula 8	1	100,0%
Área 2	Manufatura de Móveis	Célula 1	1	100,0%
Área 3	Pintura de Aeronaveis	Célula 1	1	100,0%
Área 4	Montagem de Aeronaveis Executivas	Célula 1	1	100,0%
		Célula 2	1	100,0%
Área 5	Montagem e Modernização de Aeronaves Militares	Célula 1	1	100,0%
		Célula 2	1	100,0%
		Célula 3	1	100,0%
		Célula 4	1	100,0%
		Célula 5	1	100,0%
Área 6	Ensaio de vôo	Célula 1	1	100,0%
			18	

Após o levantamento dos dados e a elaboração das planilhas eletrônicas foi realizada uma análise preliminar dos gráficos e planilhas geradas.

Após esta etapa de elaboração das planilhas eletrônicas foram realizadas análises estatísticas de variabilidade e teste de Anova dos dados coletados. As Conclusões baseadas nos gráficos dos dados levantados nos questionários e pontos relevantes também foram realizadas após o preenchimento do questionário (resposta) que também compõe o escopo da análise preliminar. As Figuras 18 a 55 mostram os mapas de fluxo de valor atual e futuro de uma das áreas de montagem de aeronaves da empresa que foram estudadas. É importante ressaltar que os processos de montagem compreendem a montagem de módulos a partir de procedimentos específicos do produto acabado, devendo por tanto para cada etapa, manter um padrão na operação de acordo com as especificações das instruções de trabalho.

Figura 18 – Mapa do Fluxo Atual Assentos.



Fonte: Empresa.

De acordo com o mapa atual representado na Figura 18 dois pontos de melhoria foram detectados:

A - Disponibilizar sala – anexo para abastecimento da garrafa de oxigênio/suporte da garrafa de oxigênio, a fim de reduzir a movimentação e o ciclo da atividade (*kaizen*);

B – Redução do ciclo na remoção dos assentos da caixa.

A partir do evento *kaizen* e a adequação dos processos relacionados ao item assento os resultados obtidos, comparando o antes e o depois, são descritos a seguir.

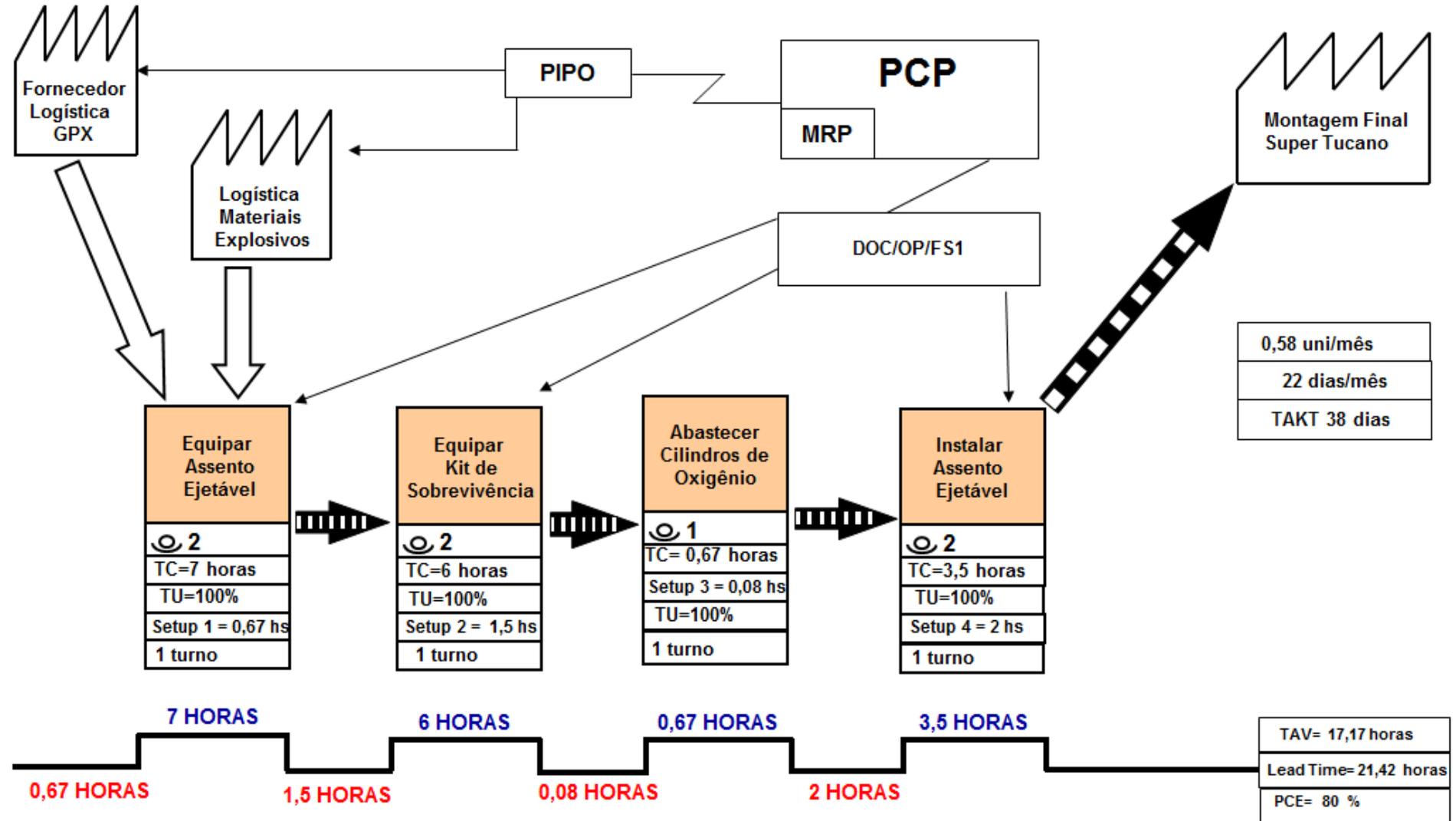
• MAPA ESTADO ATUAL- (PRATA)	Setup 1 – 1 hs	(Remoção dos assentos)
• Equipar Sistema de Armamento e de Ejeção	Setup 2 – 1,5 hs	(Separar e anotar material)
• Assento Ejetável Biposto	Setup 3 – 0,33 hs	(Deslocamento para GEX)
	Setup 4 – 2 hs	(Documentação e FS1)
• MAPA ESTADO FUTURO - (PRATA)	Setup 1 – 0,67 hs	(Remoção dos assentos)
• Equipar Sistema de Armamento e de Ejeção	Setup 2 – 1,5 hs	(Separar e anotar material)
• Assento Ejetável Biposto	Setup 3 – 0,08 hs	(Deslocamento para GEX)
	Setup 4 – 2 hs	(Documentação e FS1)

As mudanças realizadas apontam a necessidade da avaliação da curva de aprendizado das atividades relacionadas à operação assim como a atualização de toda a documentação das instruções de trabalho a fim de acompanhar a efetividade do treinamento e da integração da operação com a Engenharia, além da avaliação do uso das práticas *Lean* quanto ao entendimento do conceito relacionado a cada prática, da sua aplicação, medição de resultados e validação do aprendizado, assim como da efetividade do trabalho em equipe.

O exemplo descrito a partir dos mapas de mapeamento de processo em uma das áreas da empresa estudados tem como objetivo que, embora a empresa necessite de *know-how* tecnológico de todos os parceiros fornecedores da sua cadeia de valor desde o desenvolvimento do projeto até a sua execução, a tecnologia de processo e de produto requer gestão do conhecimento efetiva de modo a garantir que a curva de aprendizado se mantenha dentro do perfil desejado para o alcance do desempenho da produção em padrões de competitividade internacional.

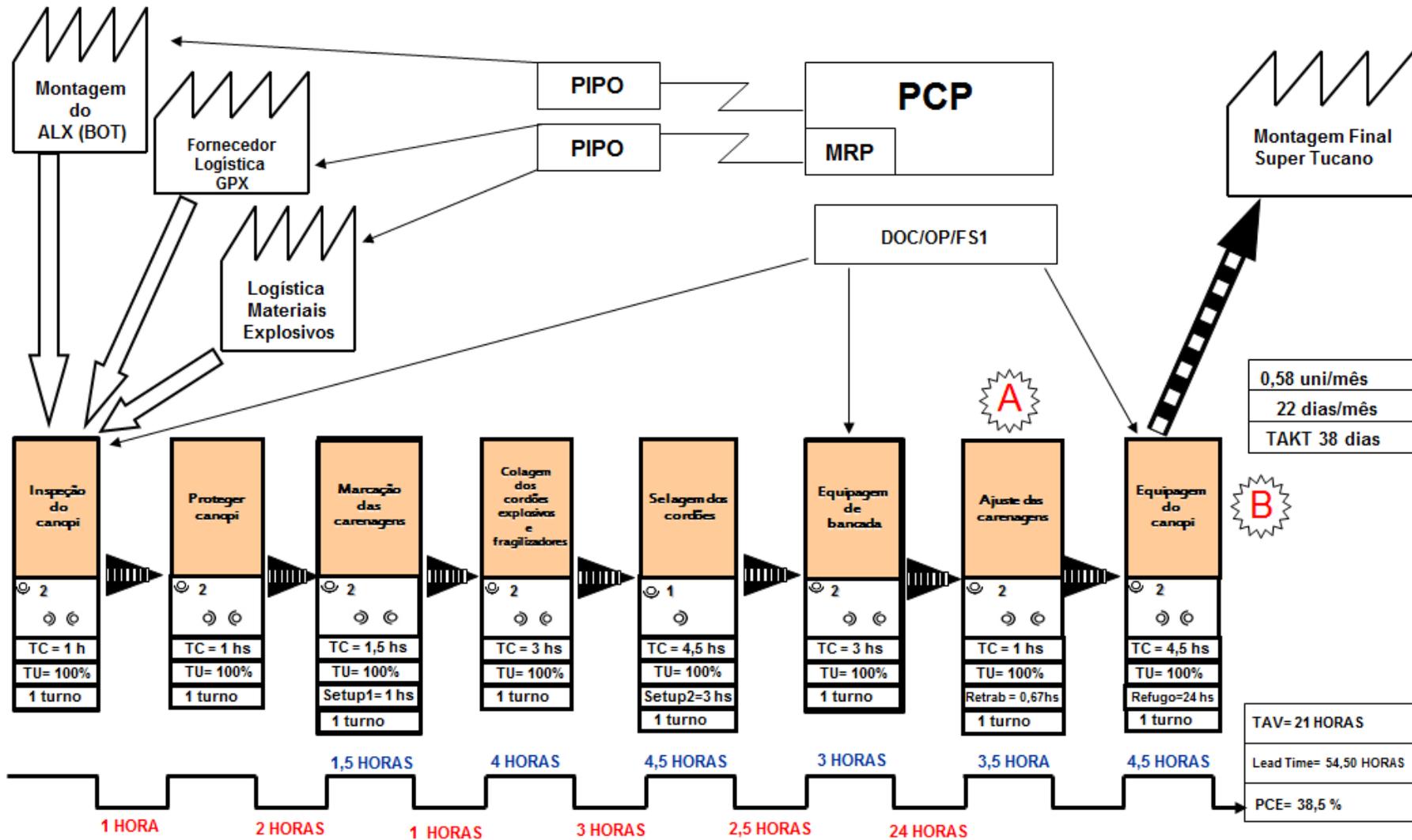
A descrição realizada comprova a importância dos recursos relacionados à mão de obra nesse tipo de empresa, assim como o perfil dos colaboradores em trabalhar em equipe e da liderança quanto ao apoio na condução dos trabalhos.

Figura 19 – Mapa do Fluxo Futuro Assentos.



Fonte: Empresa.

Figura 20 – Mapa do Fluxo Atual Canopy.



Fonte: Empresa.

De acordo com o mapa atual representado na Figura 20 dois pontos de melhoria foram detectados:

A - Furos das carenagens onde são fixados os cordões explosivos. Não são alinhados (Ajuste dos furos);

B - O suporte de material composto do *Canopi* onde prende o carretel vem do fornecedor (BOT) em tamanho inadequado, pois o carretel entra com muita interferência no suporte.

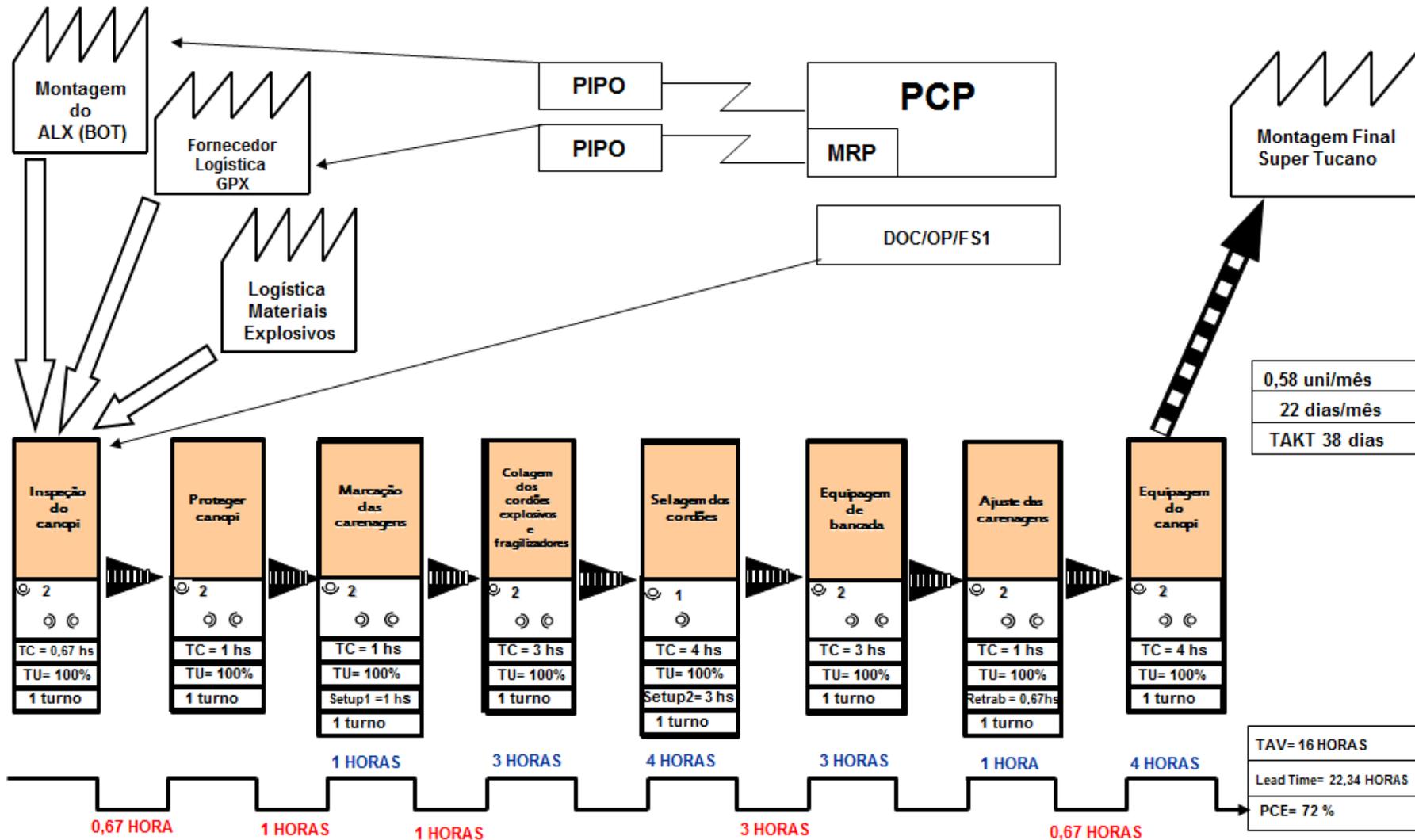
A partir do evento *kaizen* e a adequação dos processos relacionados ao item *Canopi* os resultados obtidos, comparando o antes e o depois, são descritos a seguir.

•MAPA ESTADO ATUAL-Equipar Sistema de Armamento e de Ejeção-Canopi Biposto	Setup 1 – 1 hs	(Marcação das carenagens)
	Setup 2 – 3 hs	(Tempo de cura do selante)
	Retrabalho – 2,5 hs	(Retrabalho dos furos, carenagens)
	Refugo – 24 hs	(Refugo e troca do componente)
•MAPA ESTADO FUTURO (Prata)-Equipar Sistema de Armamento e de Ejeção-Canopi Biposto	Setup 1 – 1 hs	
	Setup 2 – 3 hs	
	Retrabalho – 0,67 hs	

Do mesmo modo que no caso anterior as mudanças realizadas apontam a necessidade da avaliação não somente da curva de aprendizado das atividades relacionadas à operação, assim como o acompanhamento dos fornecedores quanto à entrega dos itens ou módulos a partir da especificação do projeto da aeronave dentro do escopo da atualização de toda a documentação das instruções de trabalho a fim de acompanhar o desempenho do fornecedor e a efetividade do treinamento e da integração da operação com a Engenharia, além da avaliação do uso das práticas *Lean* quanto ao entendimento do conceito relacionado a cada prática, da sua aplicação, medição de resultados e validação do aprendizado, assim como da efetividade do trabalho em equipe.

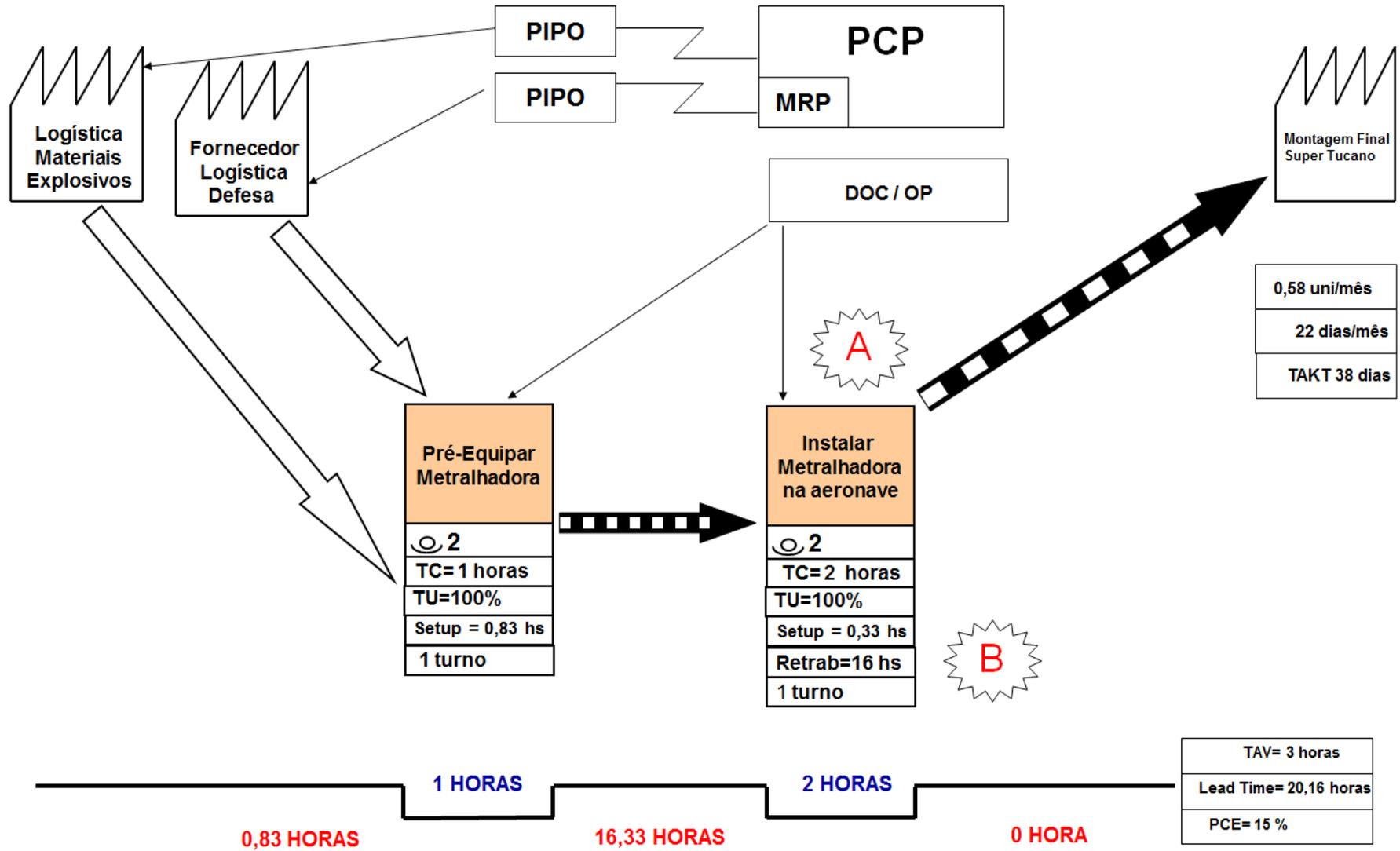
O exemplo descrito a partir dos mapas de mapeamento de processo em uma das áreas da empresa estudados tem como objetivo que, embora a empresa necessite de know-how tecnológico de todos os parceiros fornecedores da sua cadeia de valor desde o desenvolvimento do projeto até a sua execução, a tecnologia de processo e de produto requer gestão do conhecimento efetiva de modo a garantir que a curva de aprendizado se mantenha dentro do perfil desejado para o alcance do desempenho da produção em padrões de competitividade internacional.

Figura 21 – Mapa do Fluxo Futuro Canopy.



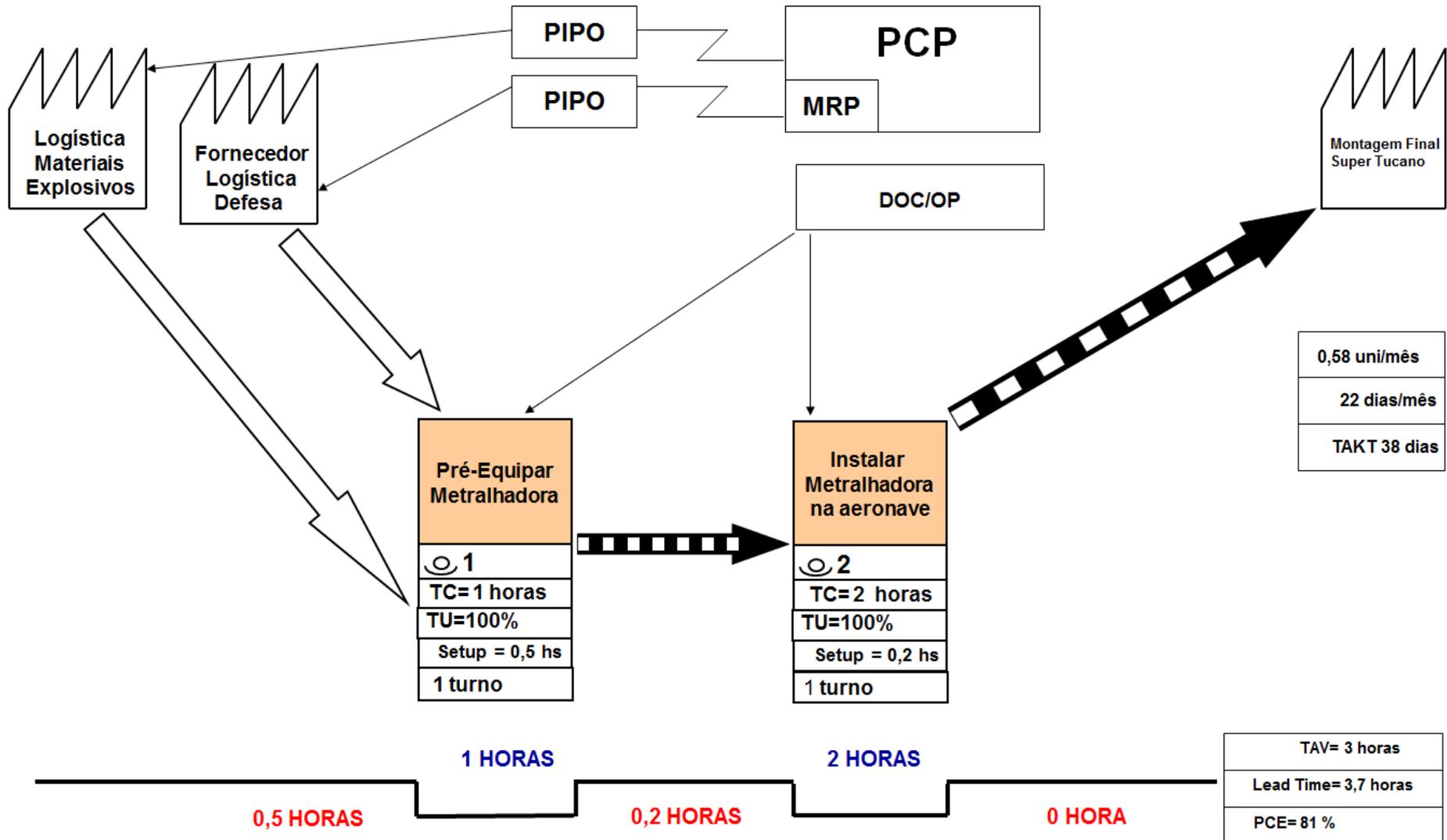
Fonte: Empresa.

Figura 22 – Mapa do Fluxo Atual Metralhadora.



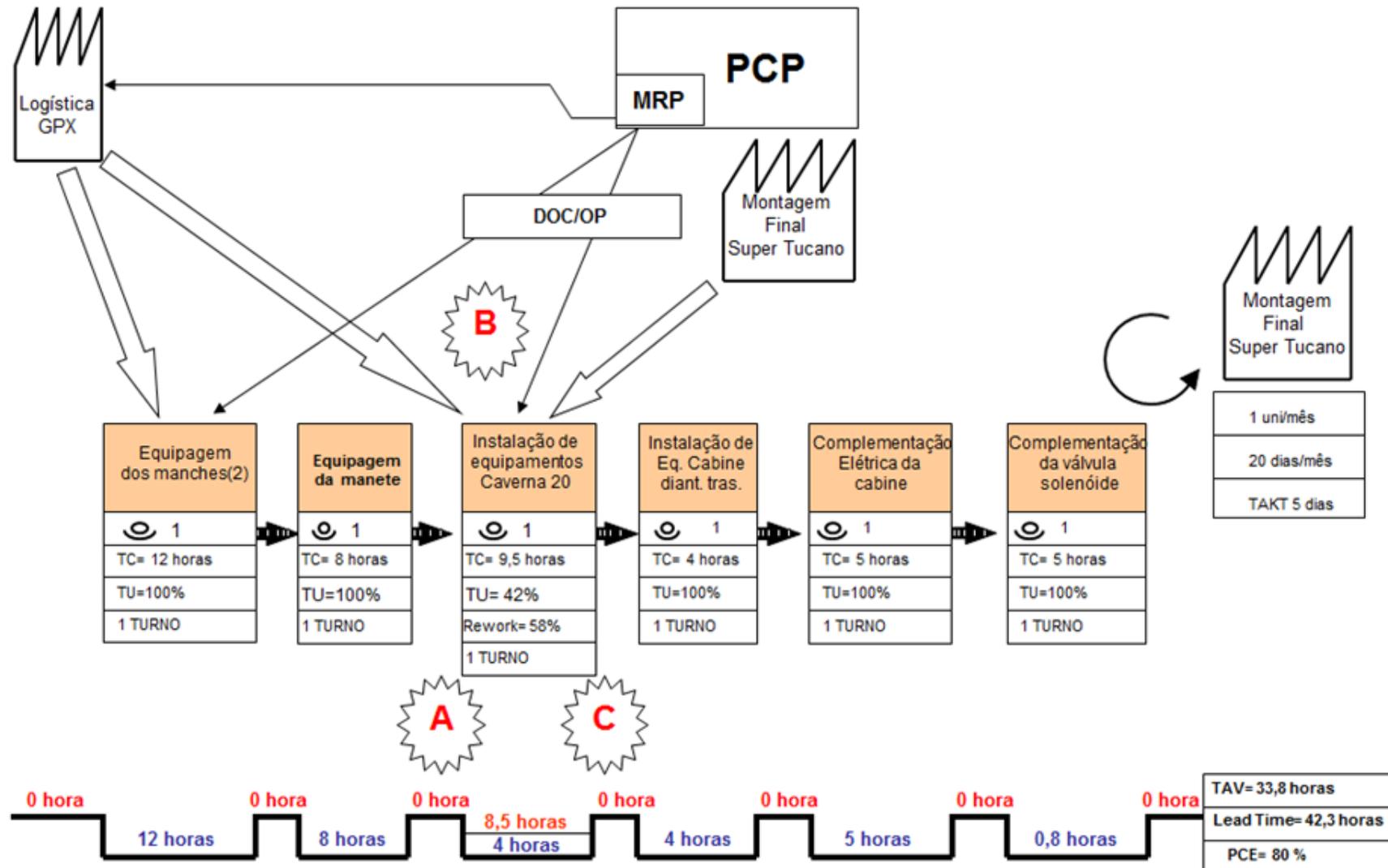
Fonte: Empresa.

Figura 23 – Mapa do Fluxo Futuro Metralhadora.



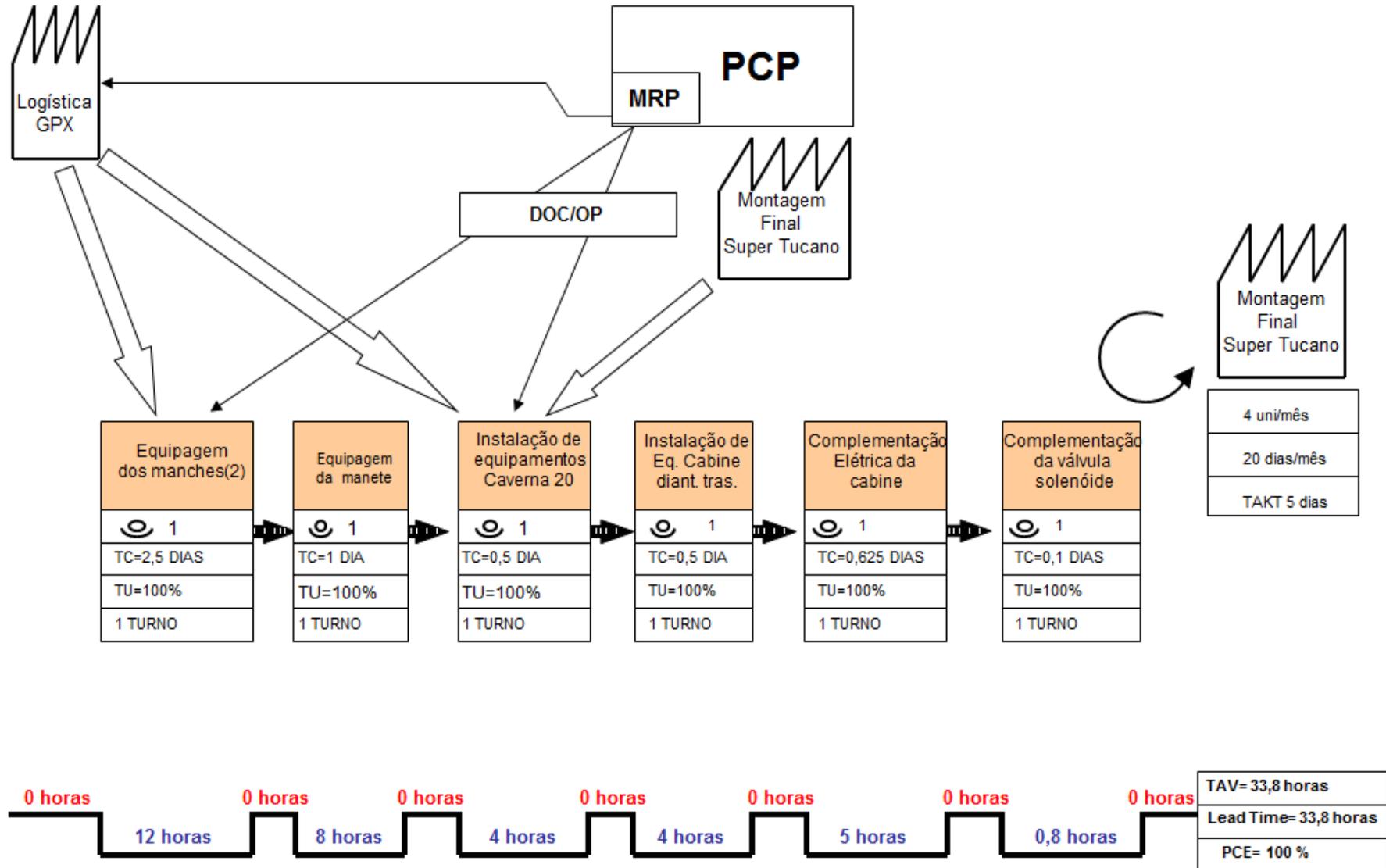
Fonte: Empresa.

Figura 24 – Mapa do Fluxo Atual Subconjunto.



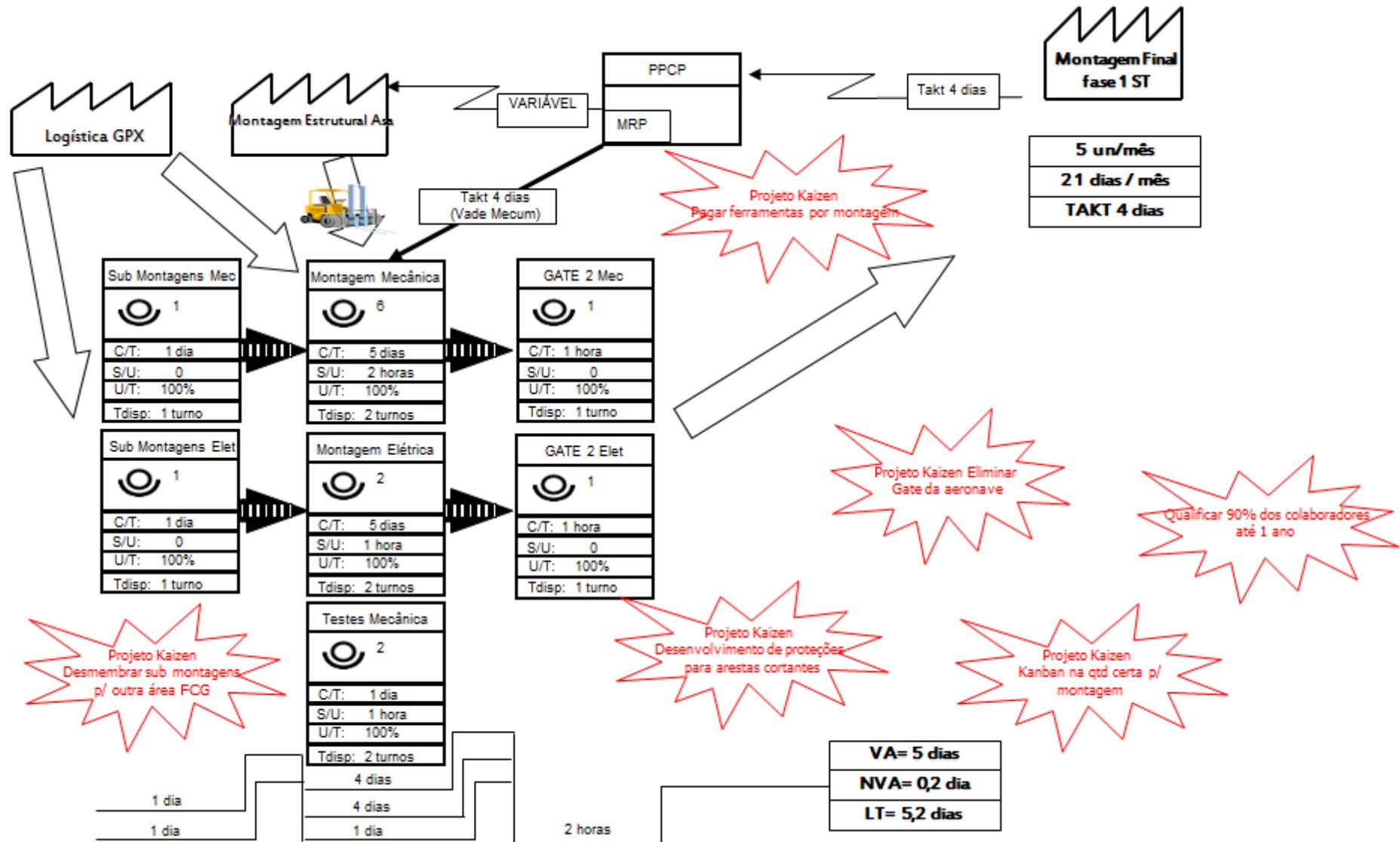
Fonte: Empresa.

Figura 25 – Mapa do Fluxo Futuro Subconjunto.



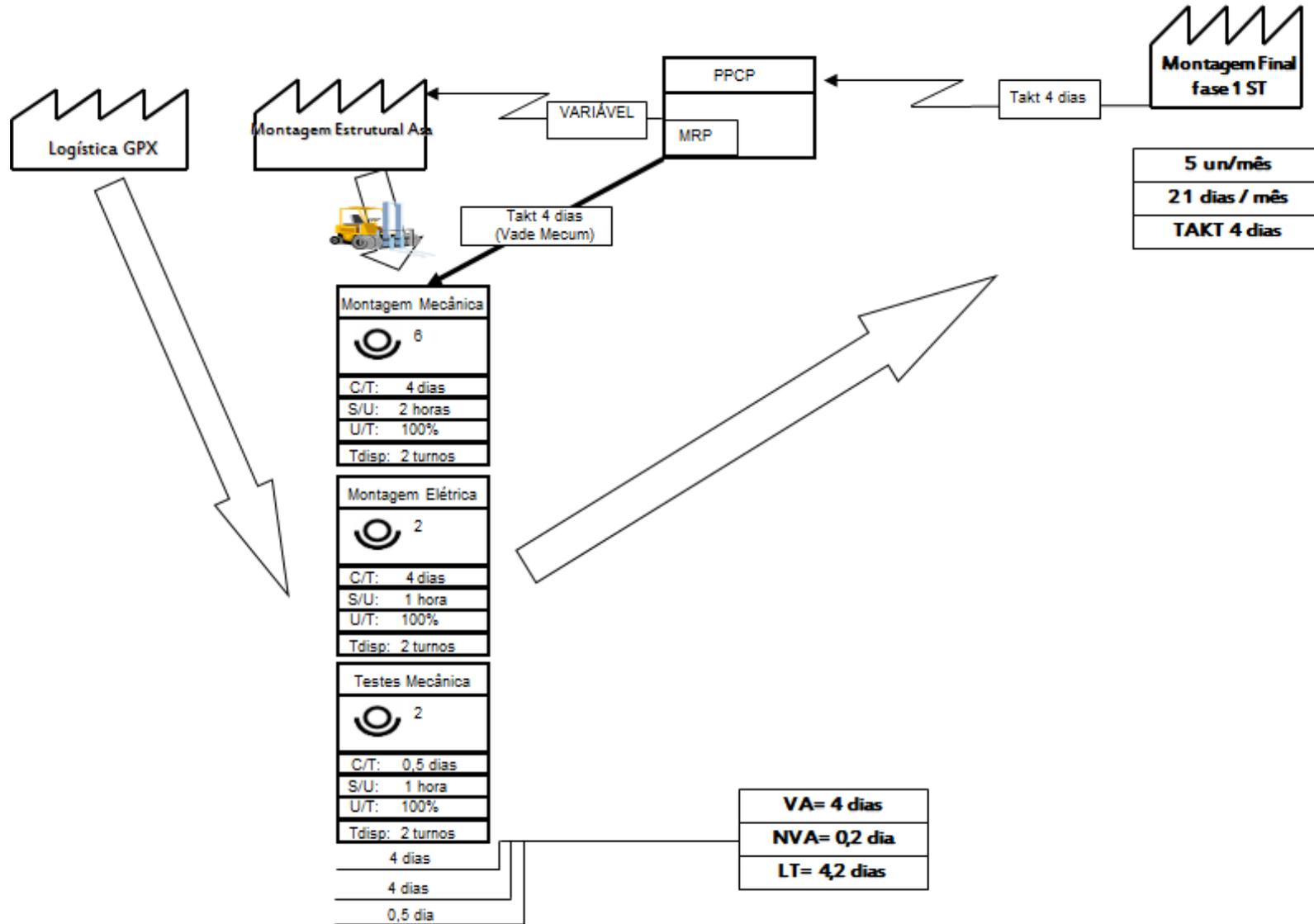
Fonte: Empresa.

Figura 26 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem (1).



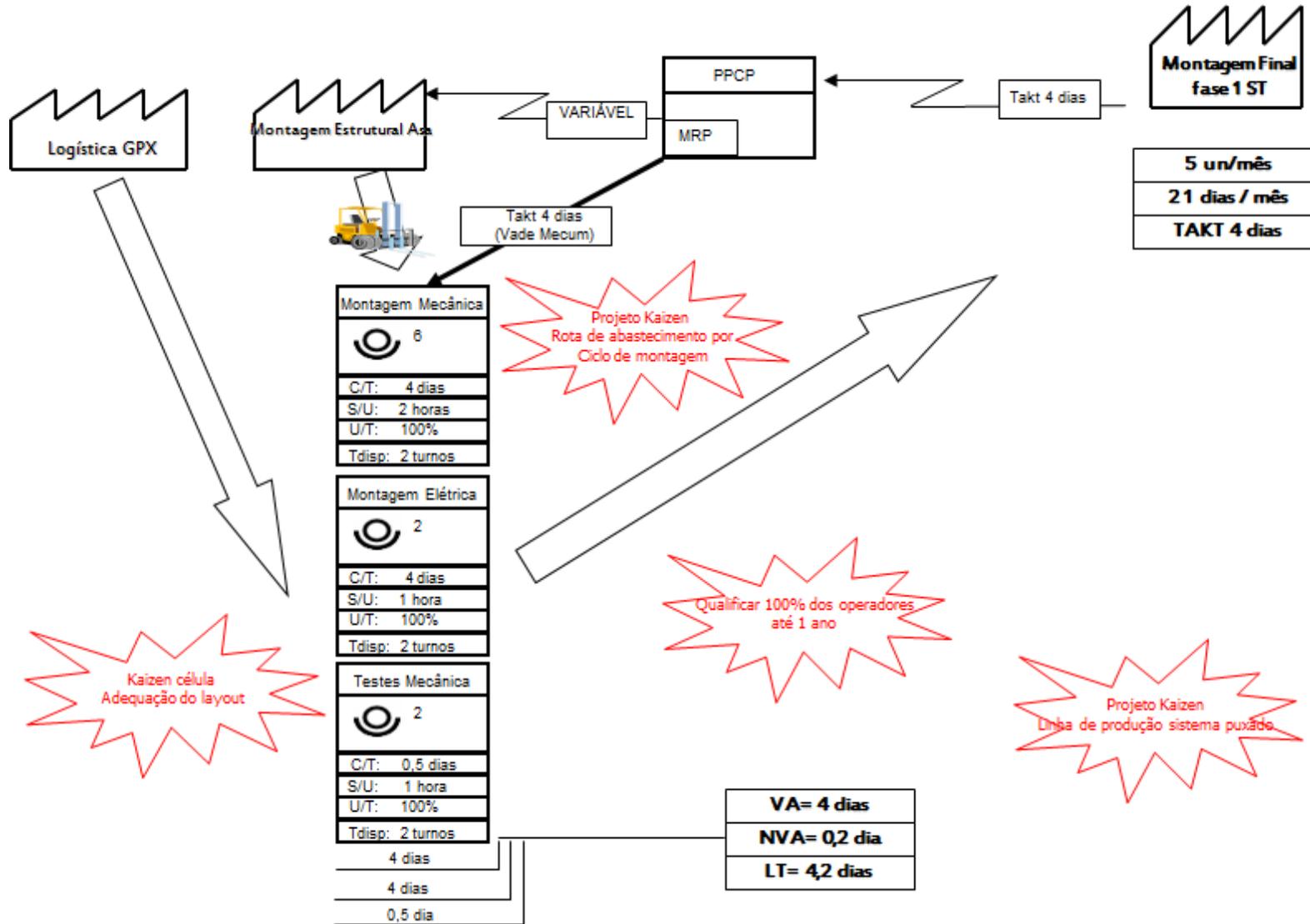
Fonte: Empresa.

Figura 27 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem (1).



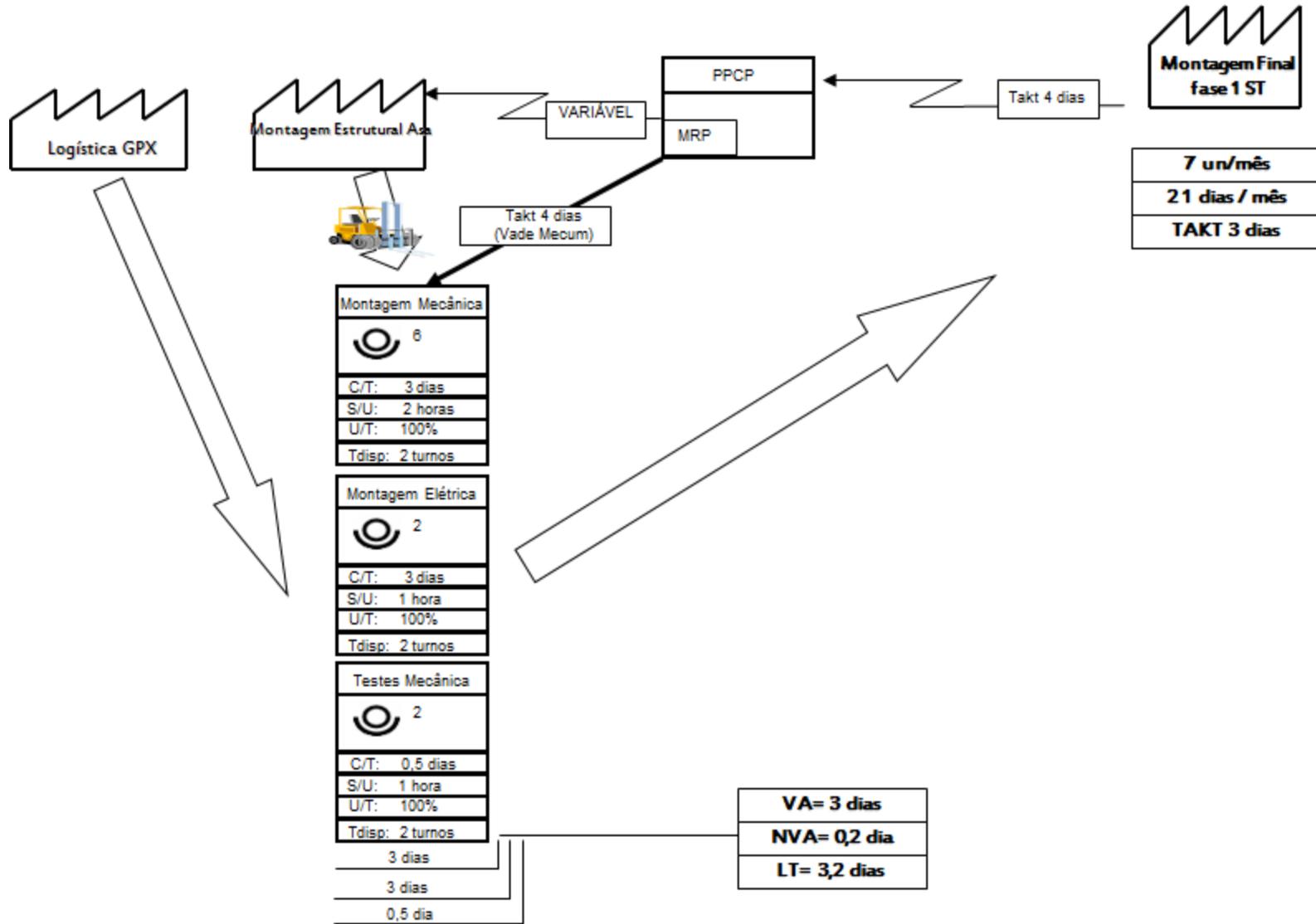
Fonte: Empresa.

Figura 28 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem (2).



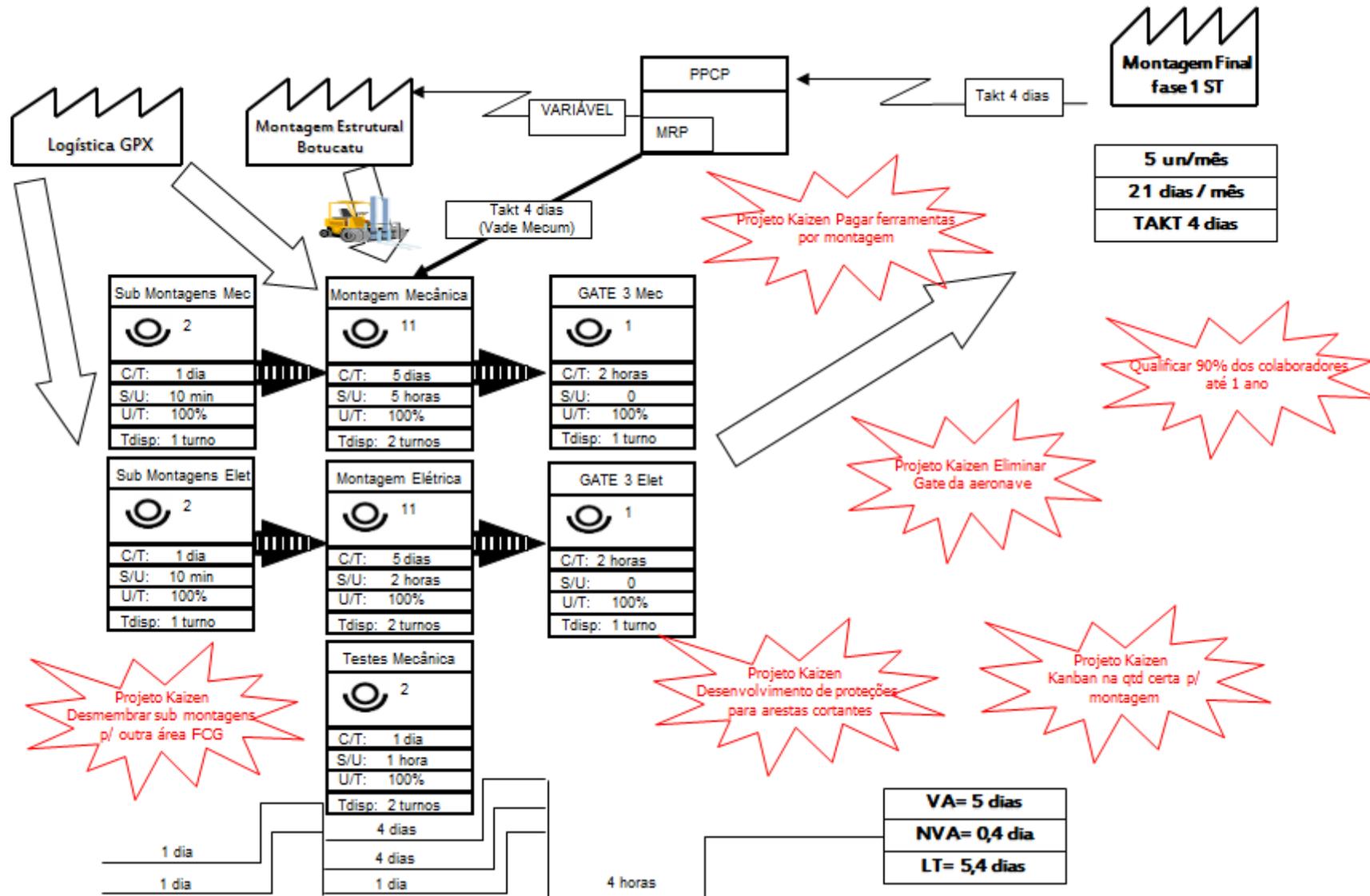
Fonte: Empresa.

Figura 29 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem (2).



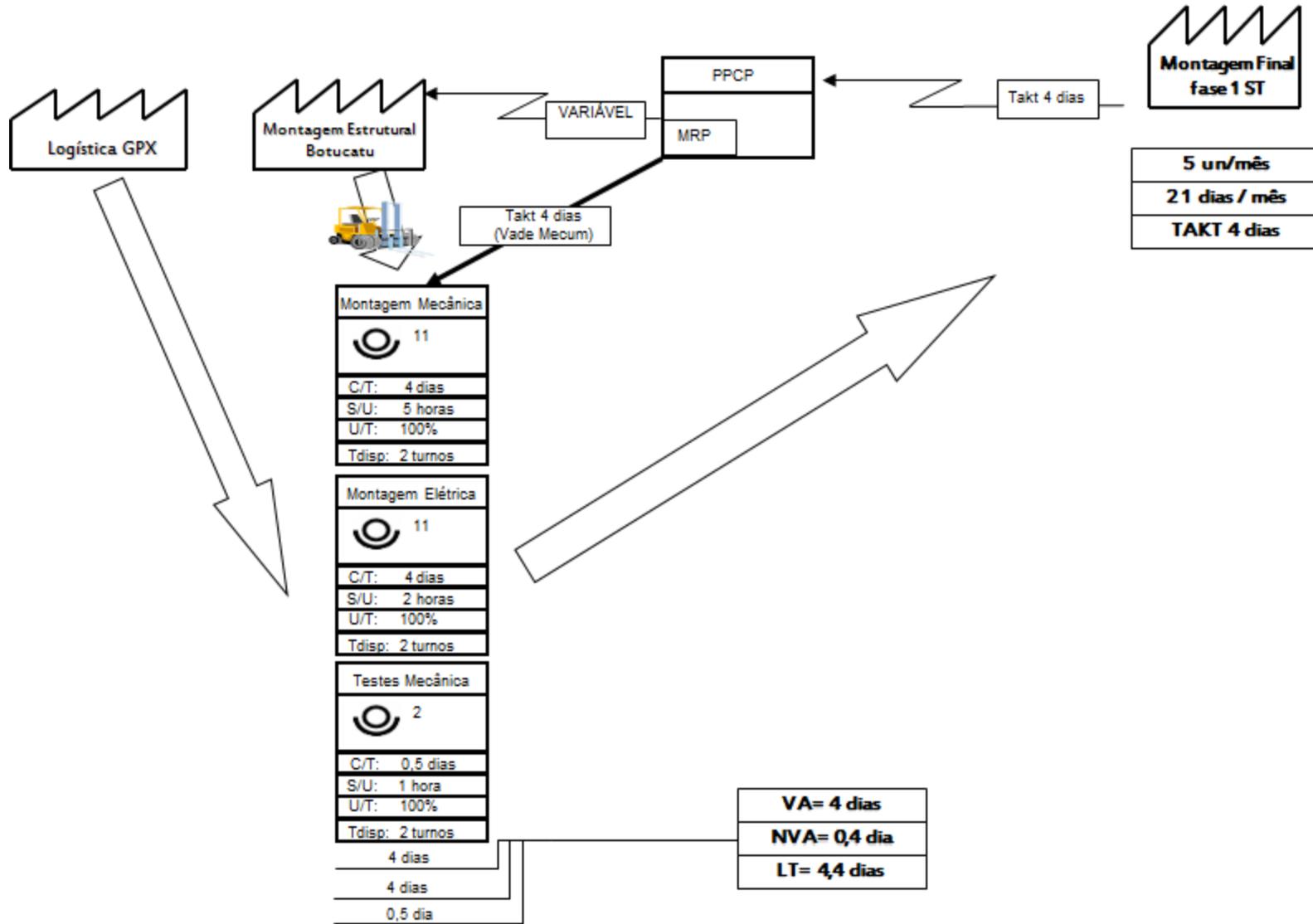
Fonte: Empresa.

Figura 30 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem (3).



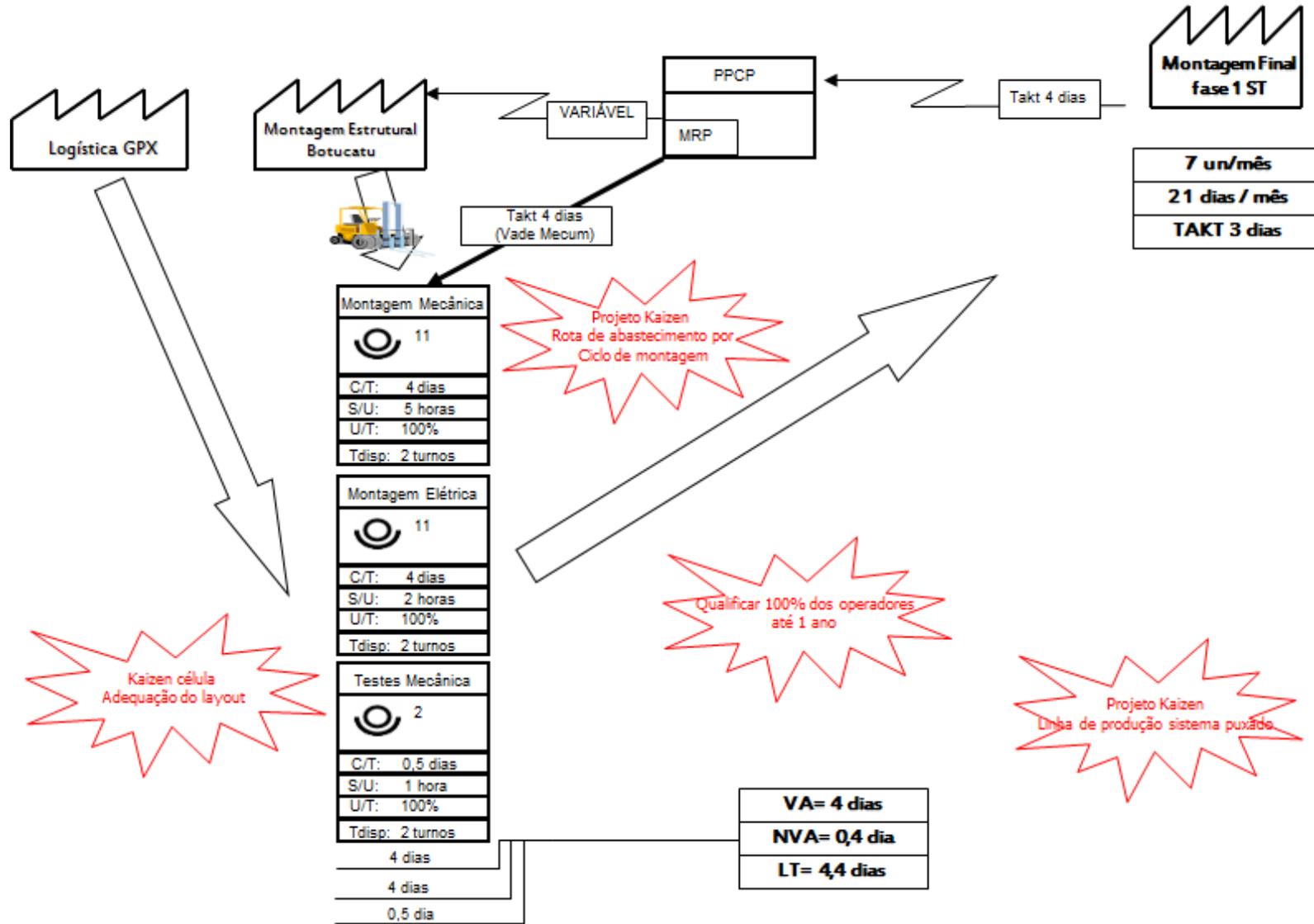
Fonte: Empresa.

Figura 31 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem (3).



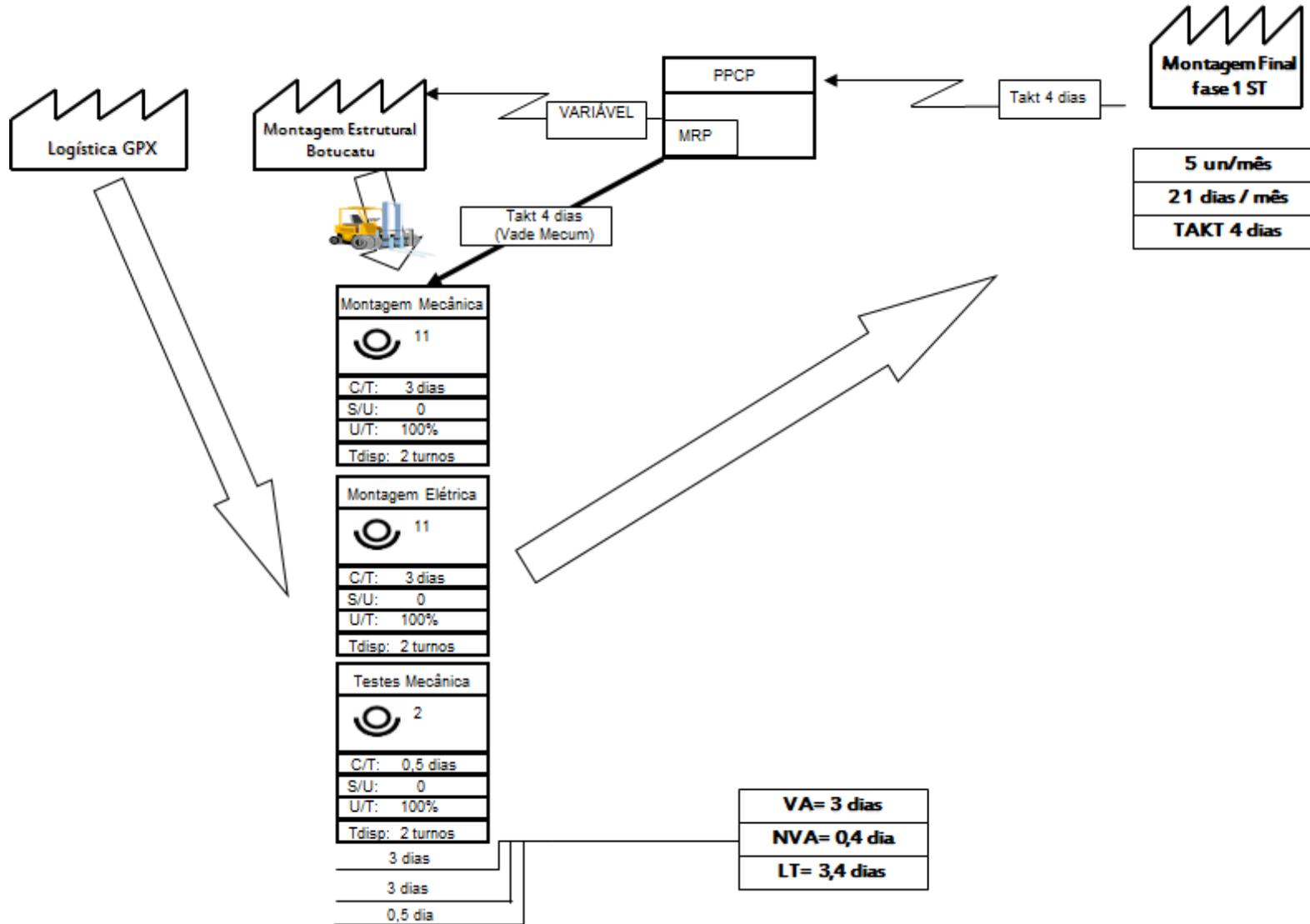
Fonte: Empresa.

Figura 32 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem (4).



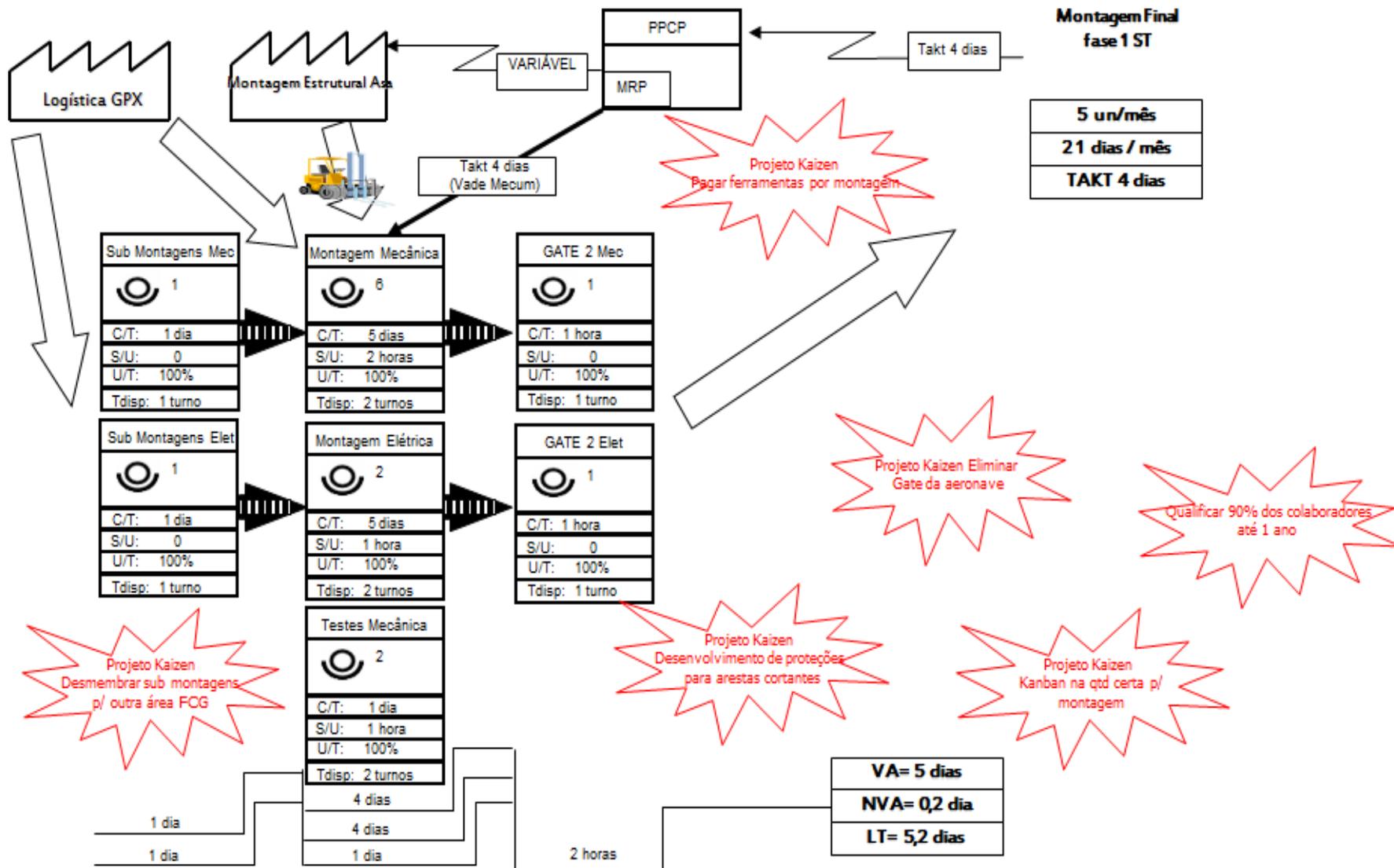
Fonte: Empresa.

Figura 33 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem (4).



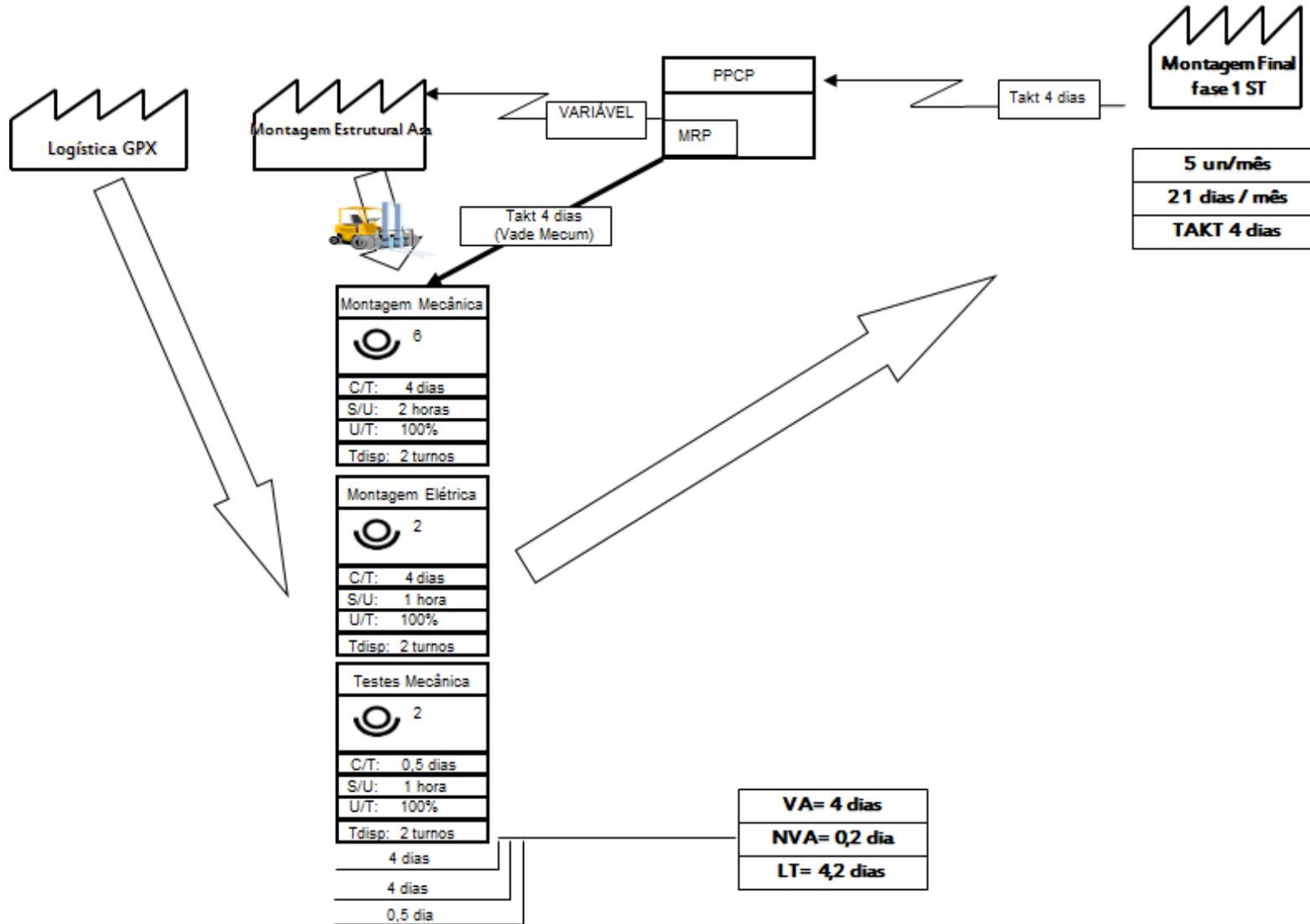
Fonte: Empresa.

Figura 34 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem 2 (1).



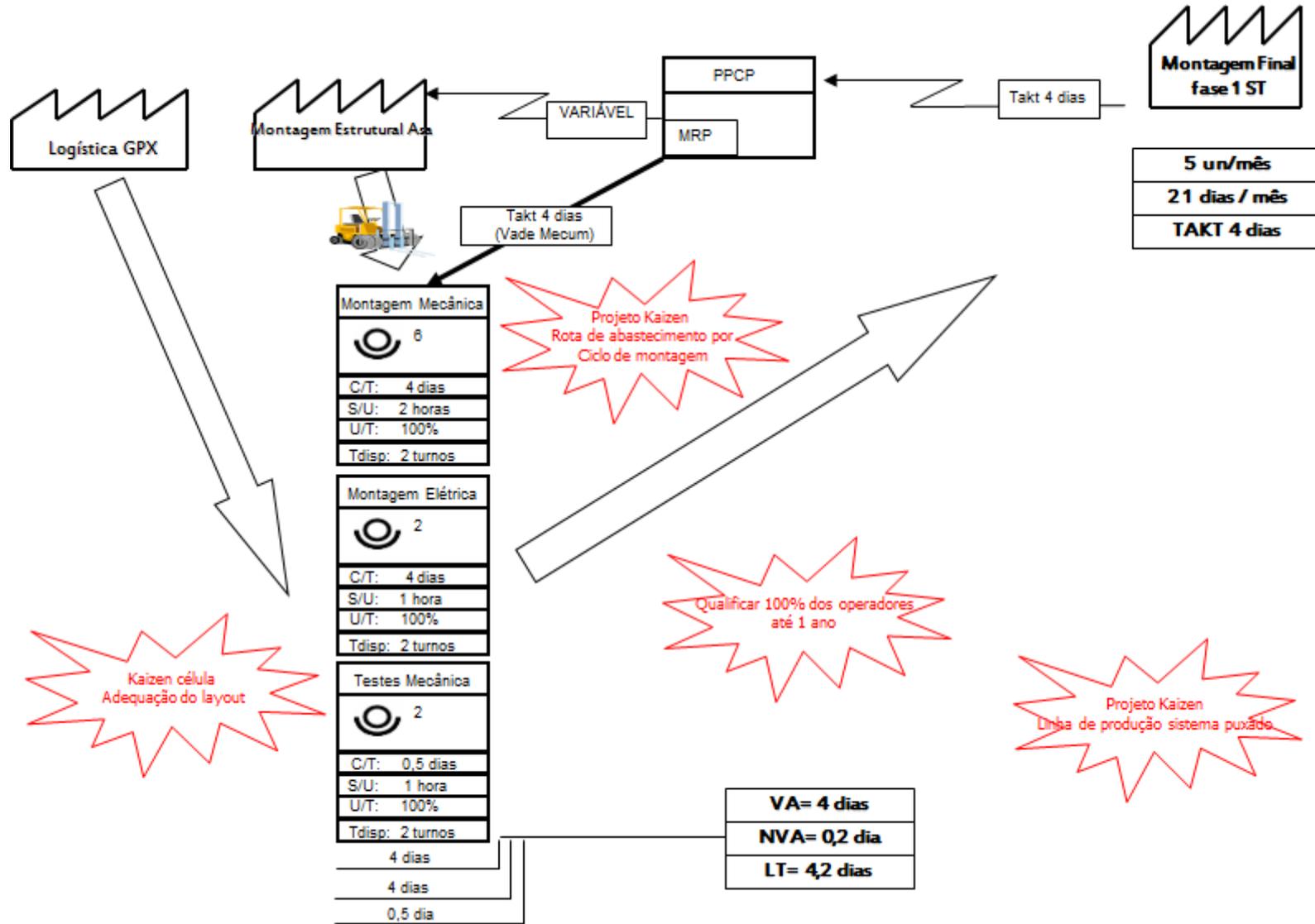
Fonte: Empresa.

Figura 35 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem 2 (1).



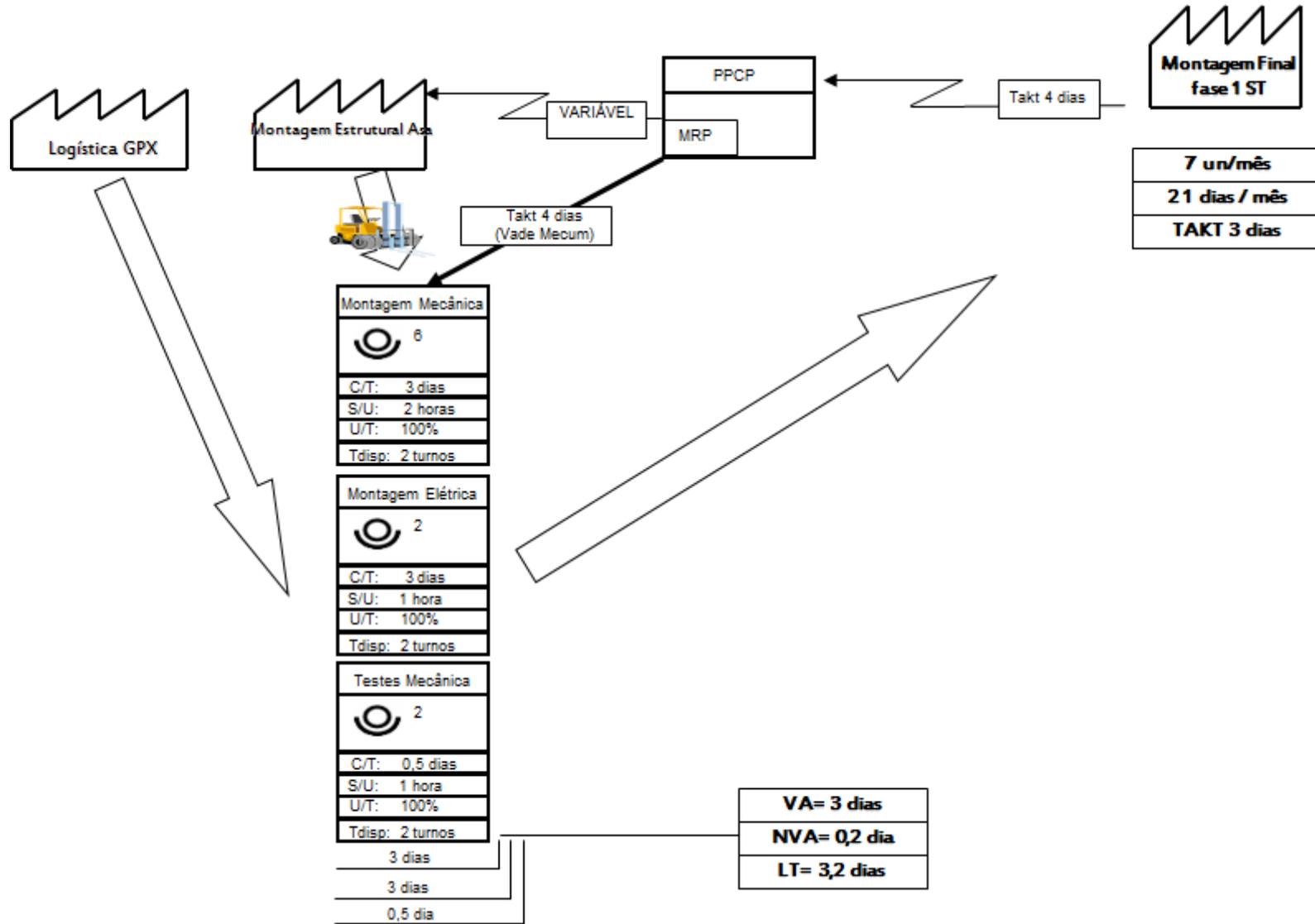
Fonte: Empresa.

Figura 36 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem 2 (2).



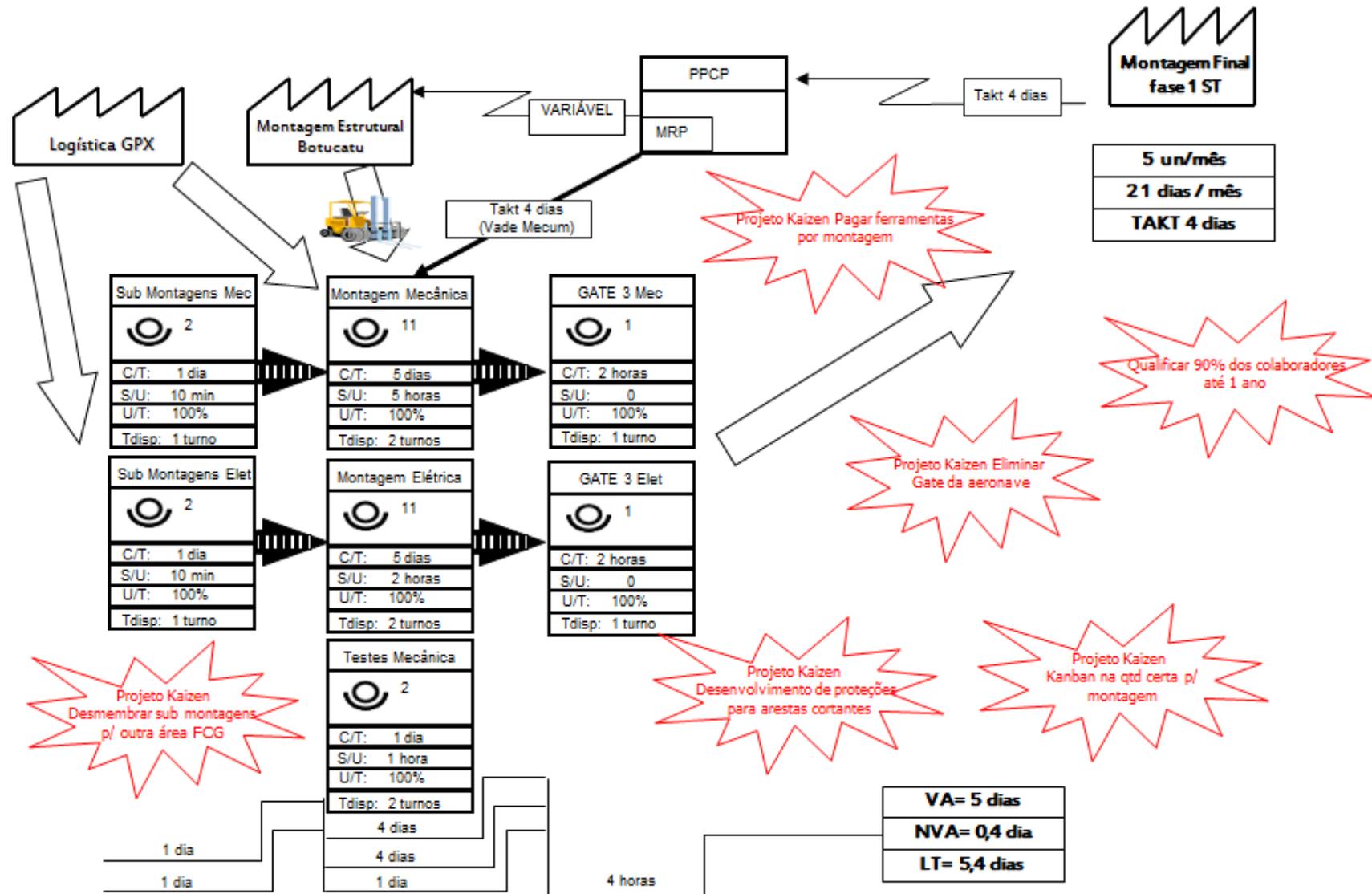
Fonte: Empresa.

Figura 37 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem 2 (2).



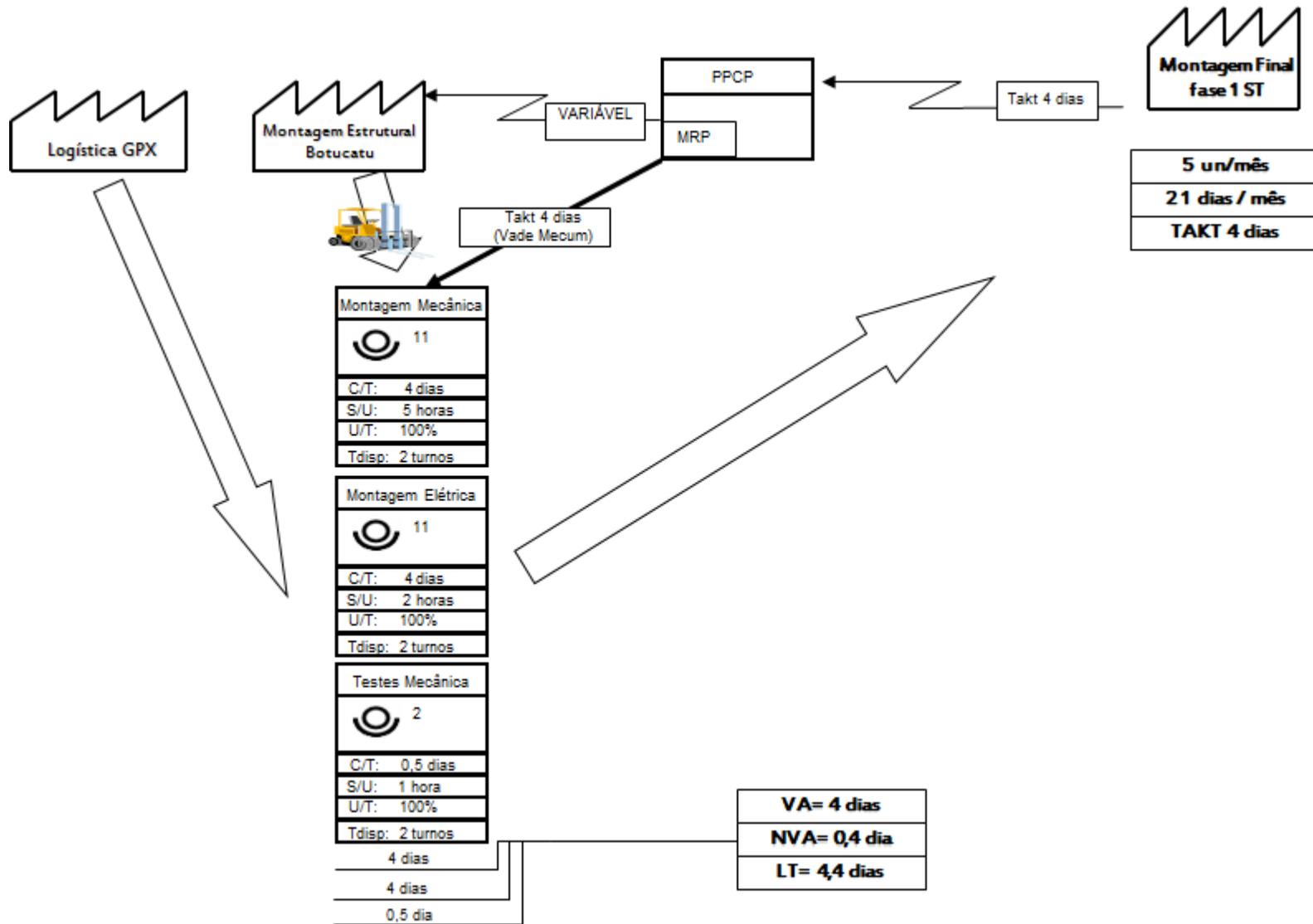
Fonte: Empresa.

Figura 38 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem 2 (3).



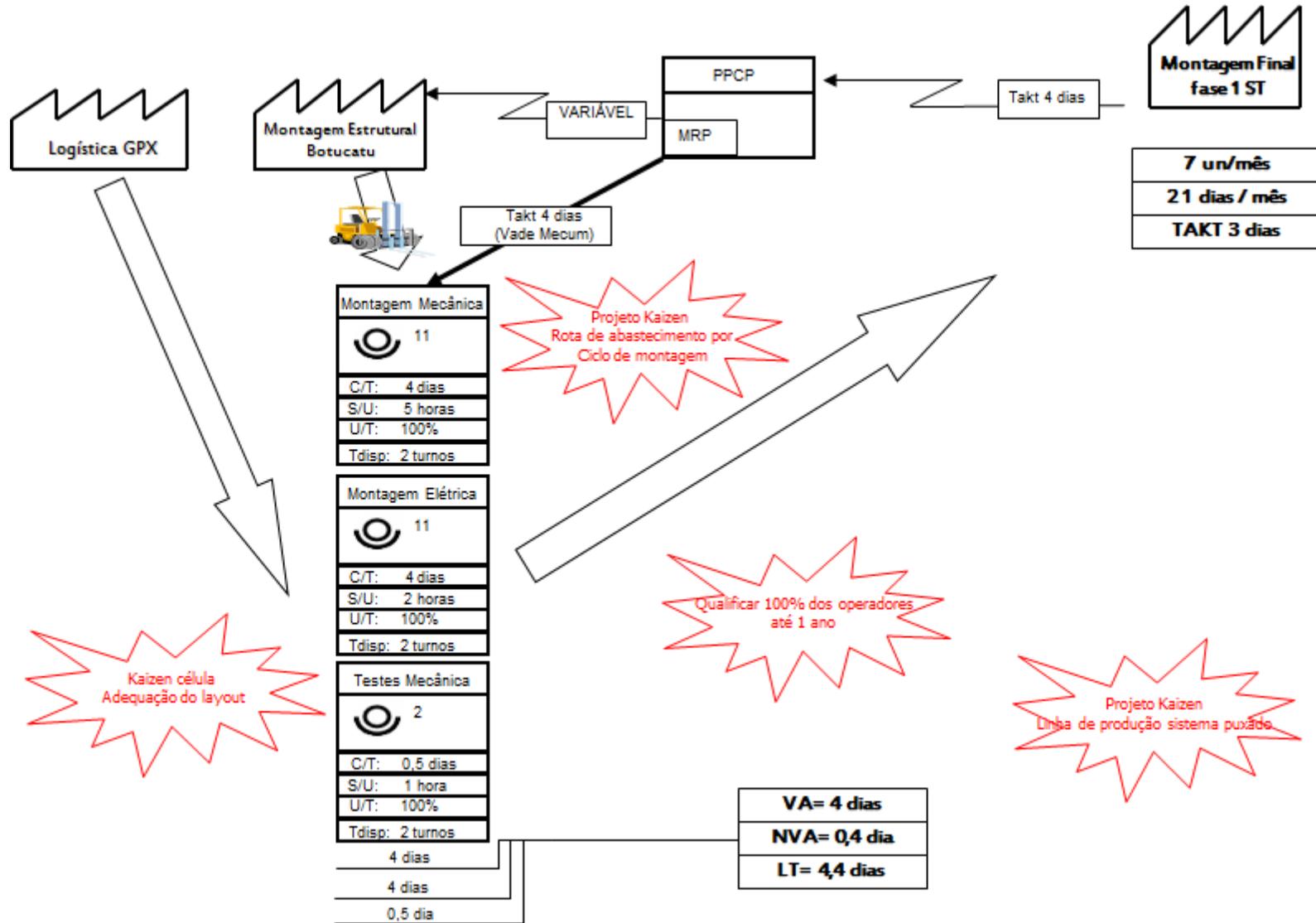
Fonte: Empresa.

Figura 39 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem 2 (3).



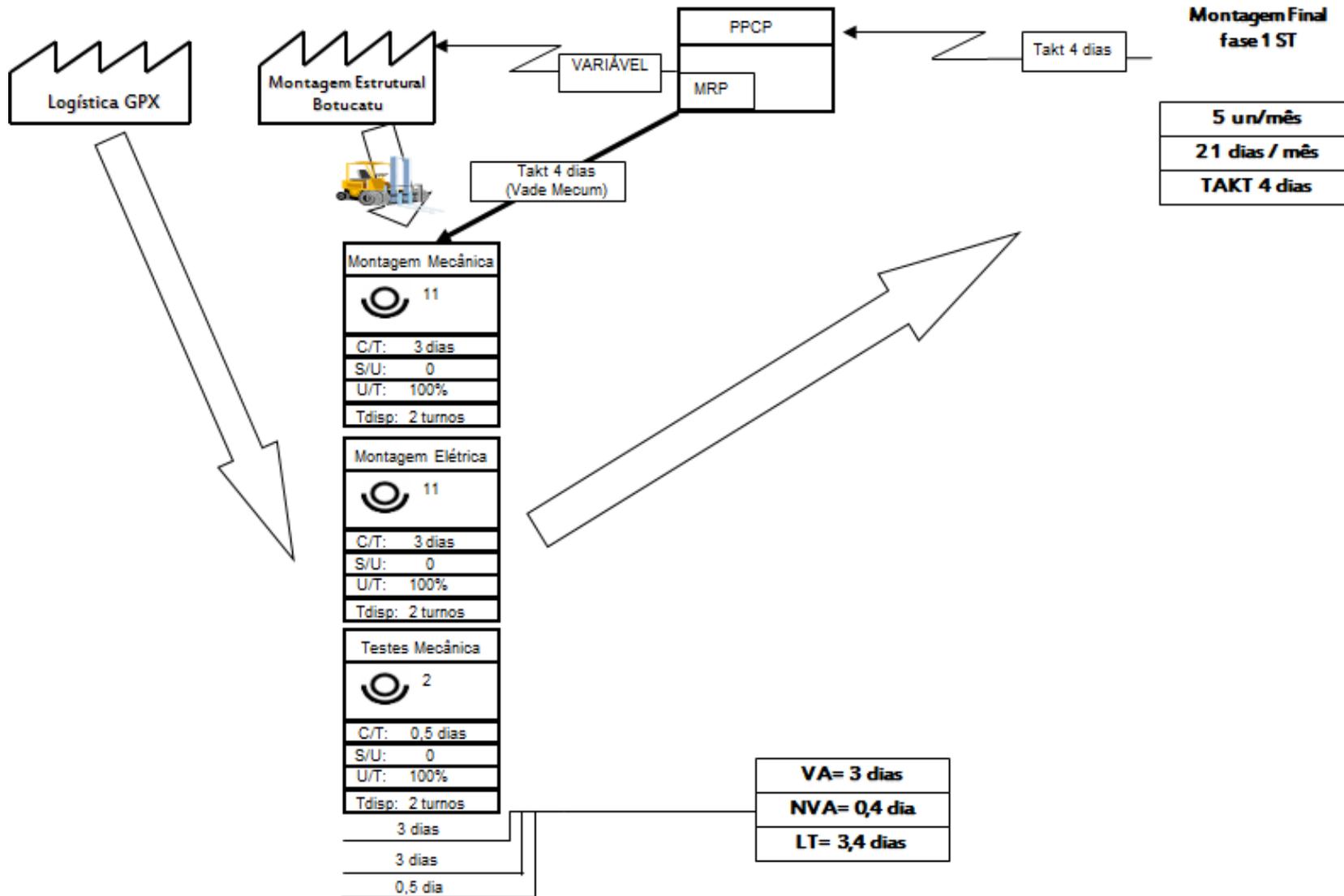
Fonte: Empresa.

Figura 40 – Mapa do Fluxo Atual Preequipagem 2 (4).



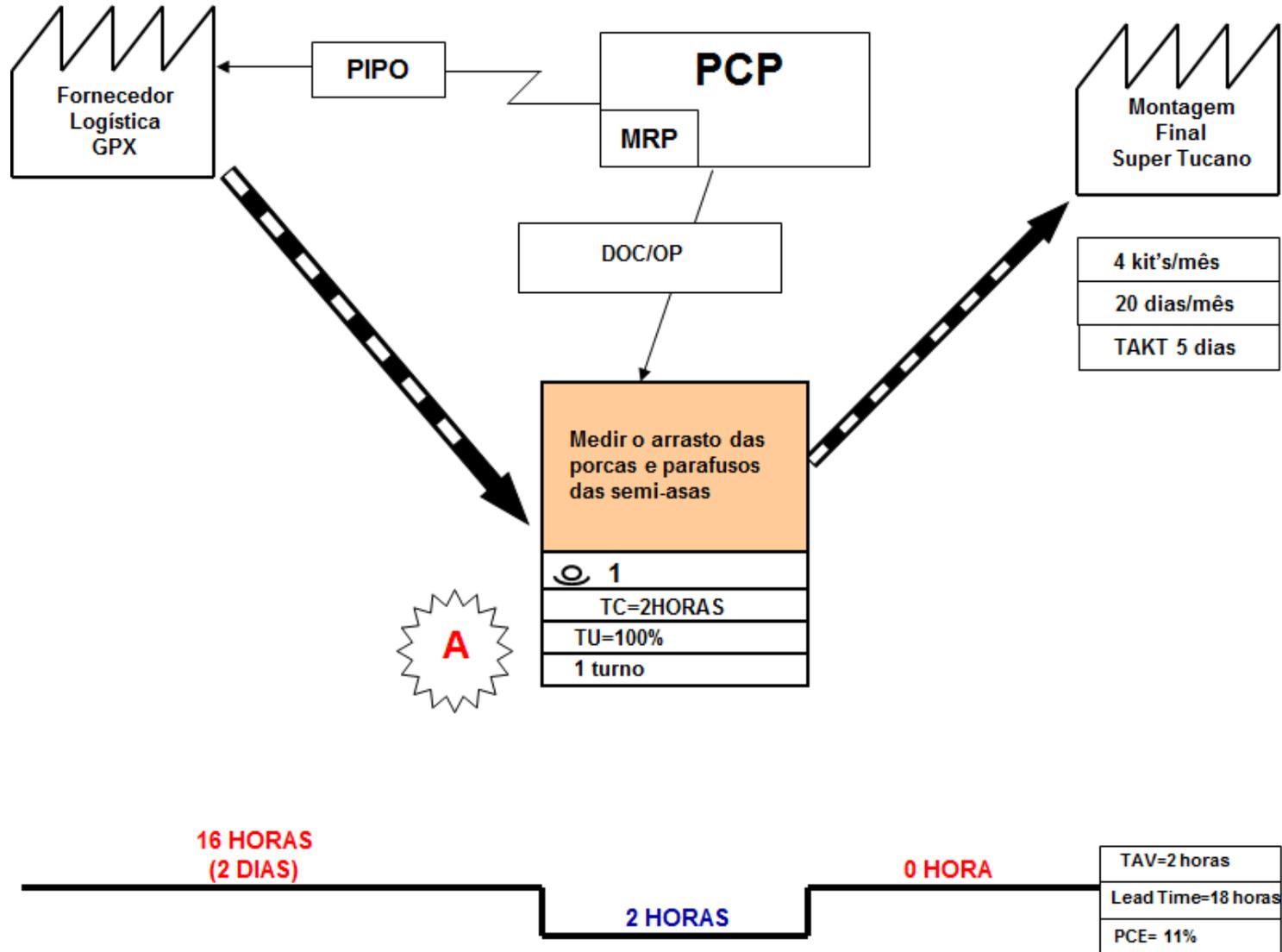
Fonte: Empresa.

Figura 41 – Mapa do Fluxo Futuro Preequipagem 2 (4).



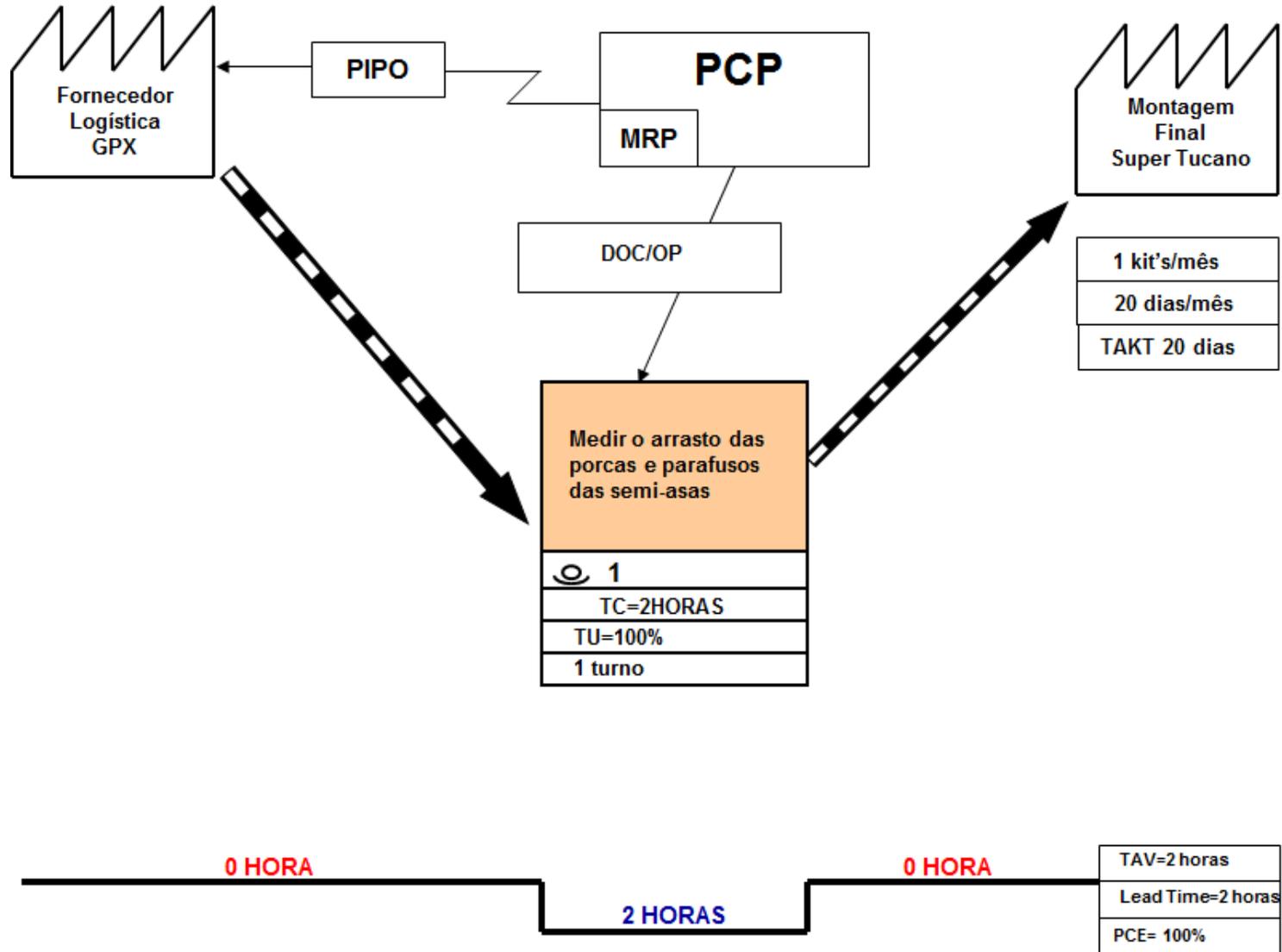
Fonte: Empresa.

Figura 42 – Mapa do Fluxo Atual Sistema Arrasto.



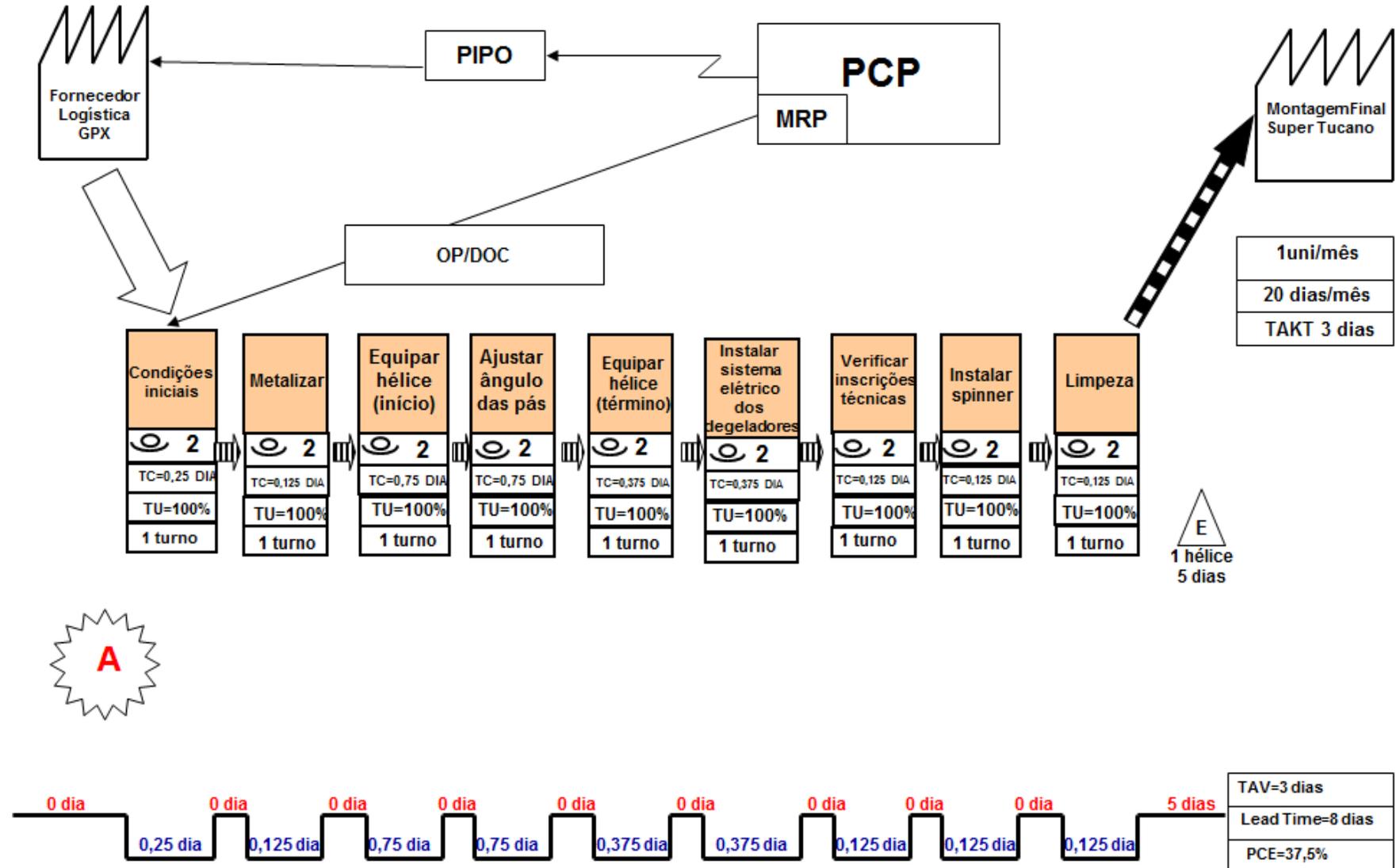
Fonte: Empresa.

Figura 43 – Mapa do Fluxo Futuro Sistema Arrasto.



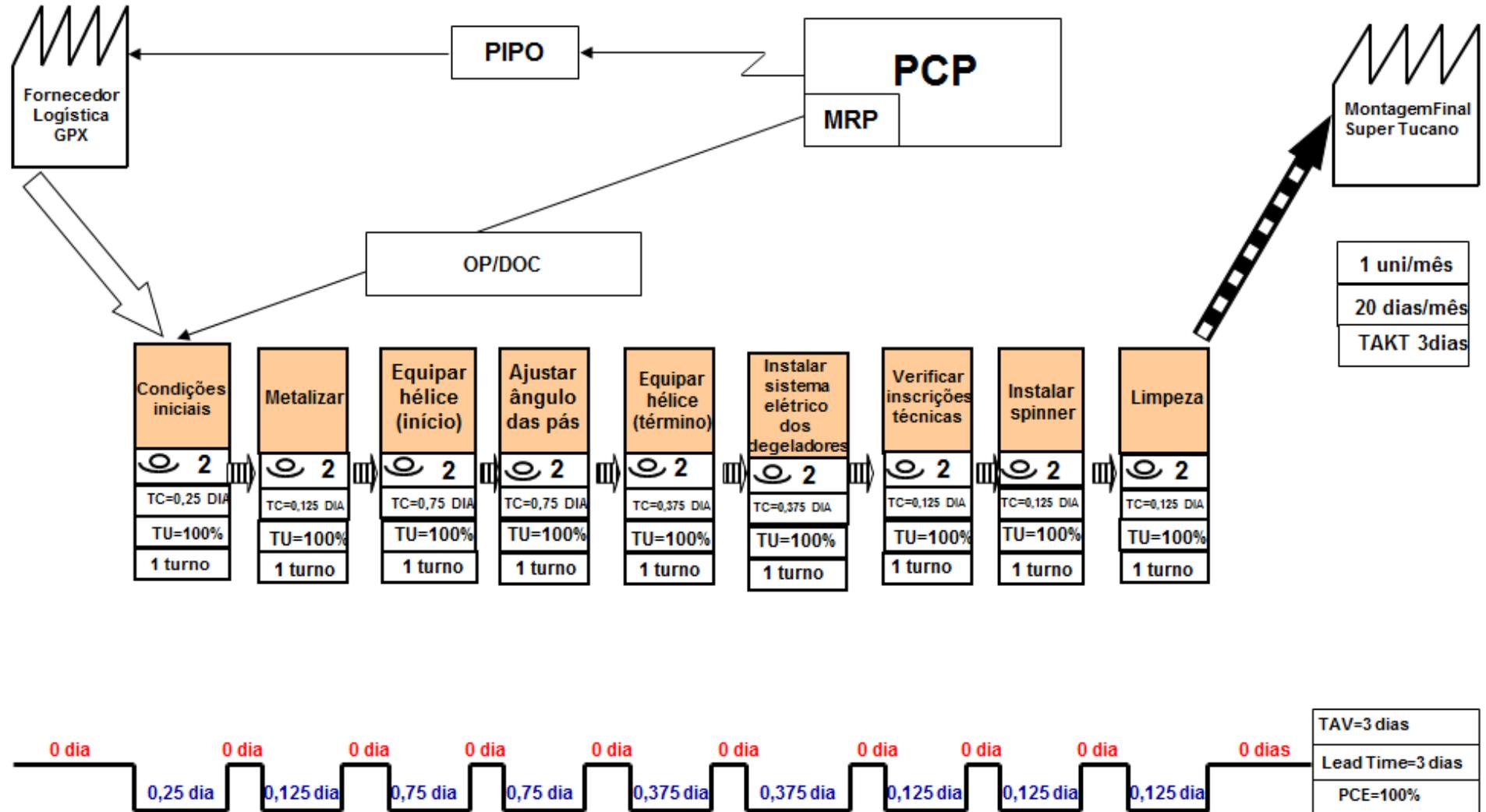
Fonte: Empresa.

Figura 44 – Mapa do Fluxo Atual Hélice.



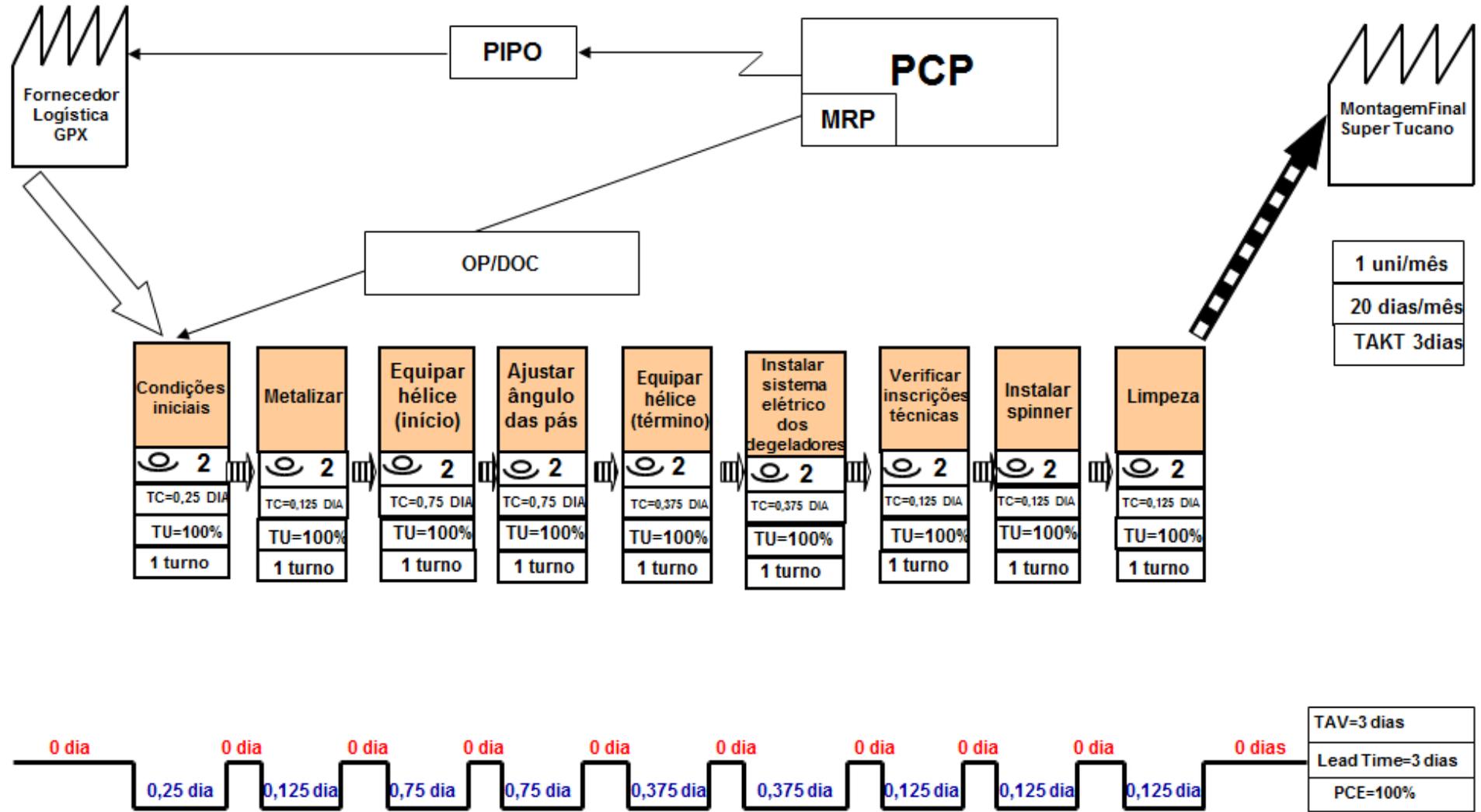
Fonte: Empresa.

Figura 45 – Mapa do Fluxo Futuro Hélice.



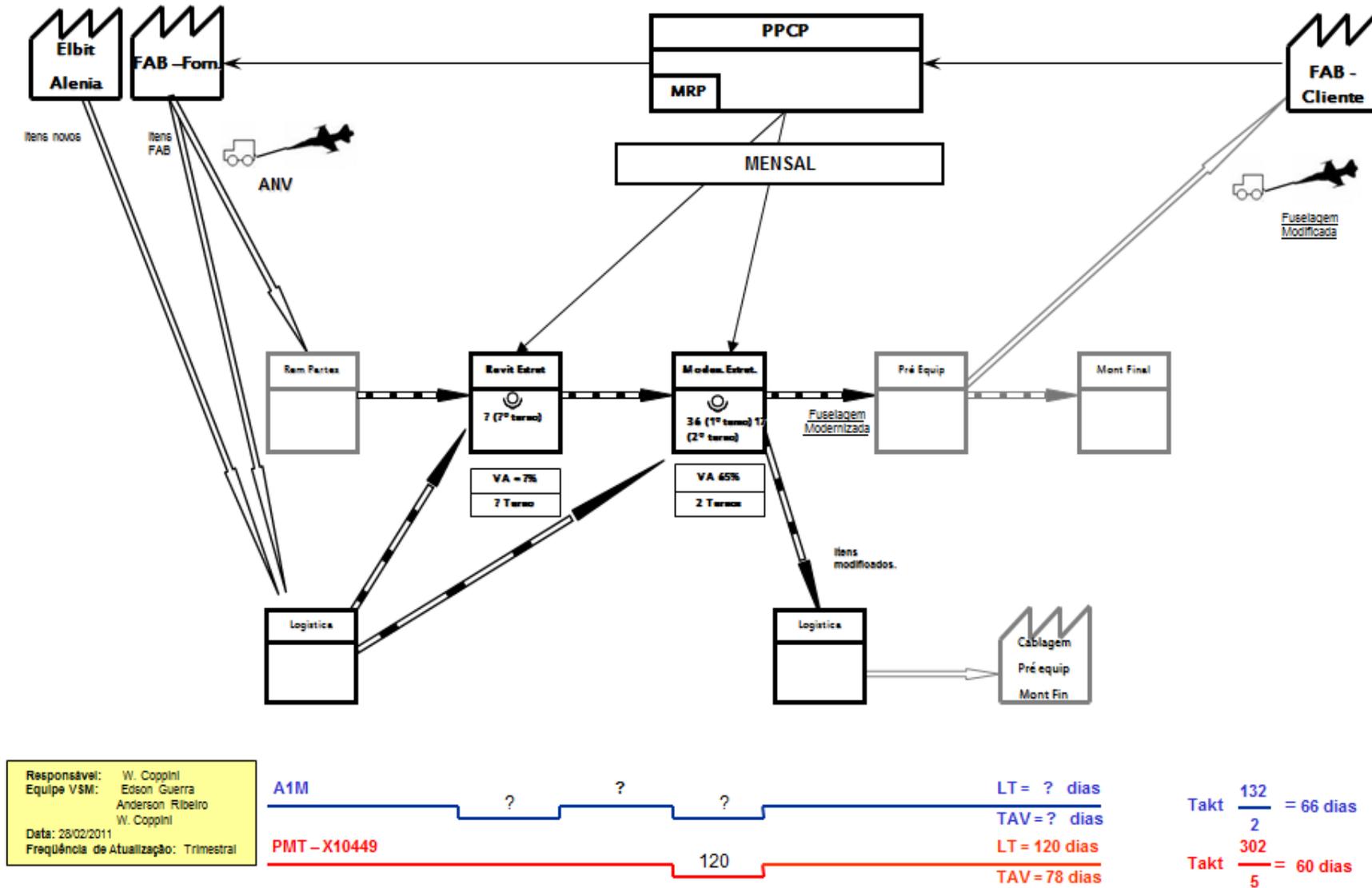
Fonte: Empresa.

Figura 46 – Mapa do Fluxo Atual Montagem Estrutural.



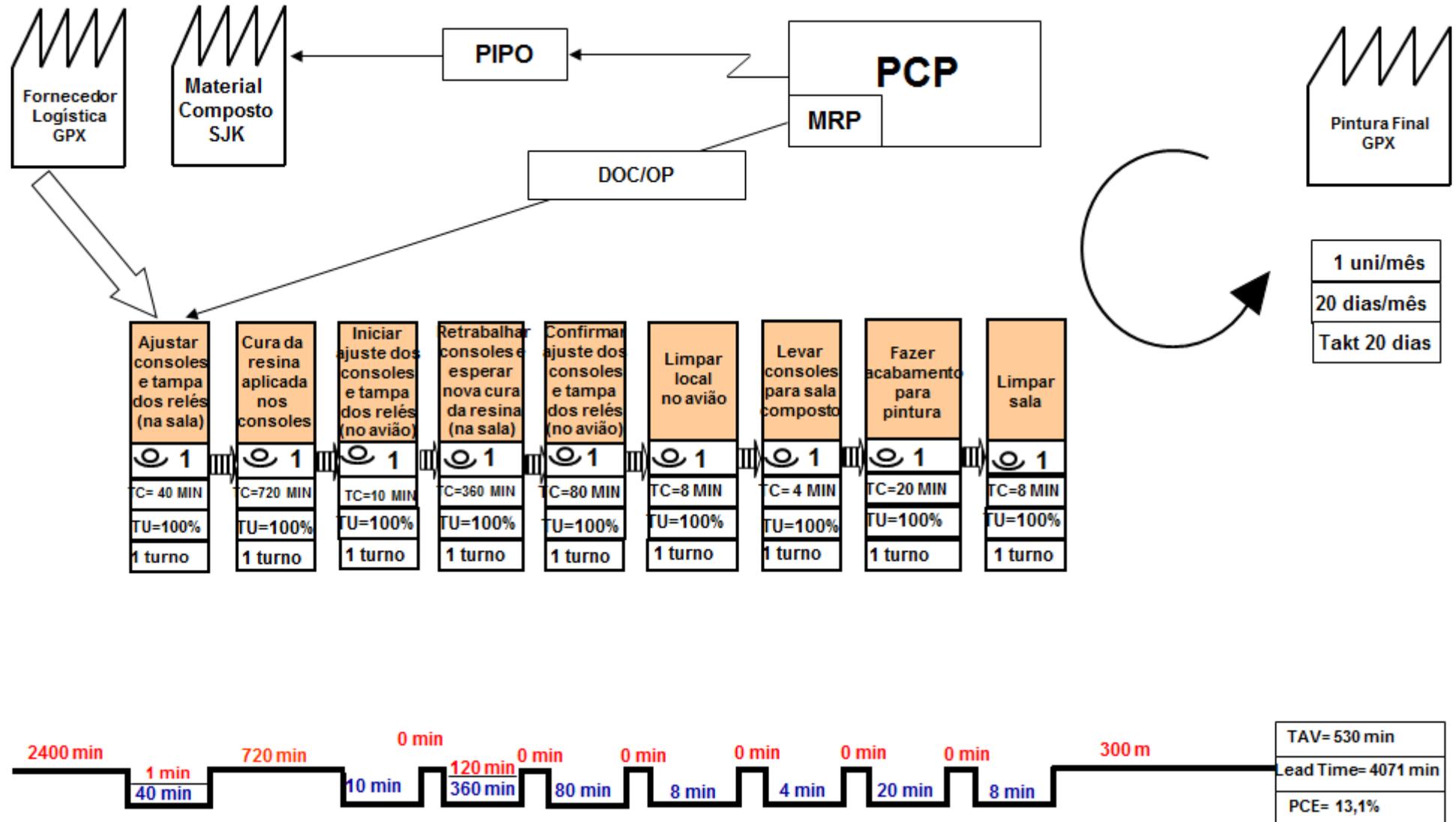
Fonte: Empresa.

Figura 47 – Mapa do Fluxo Futuro Montagem Estrutural.



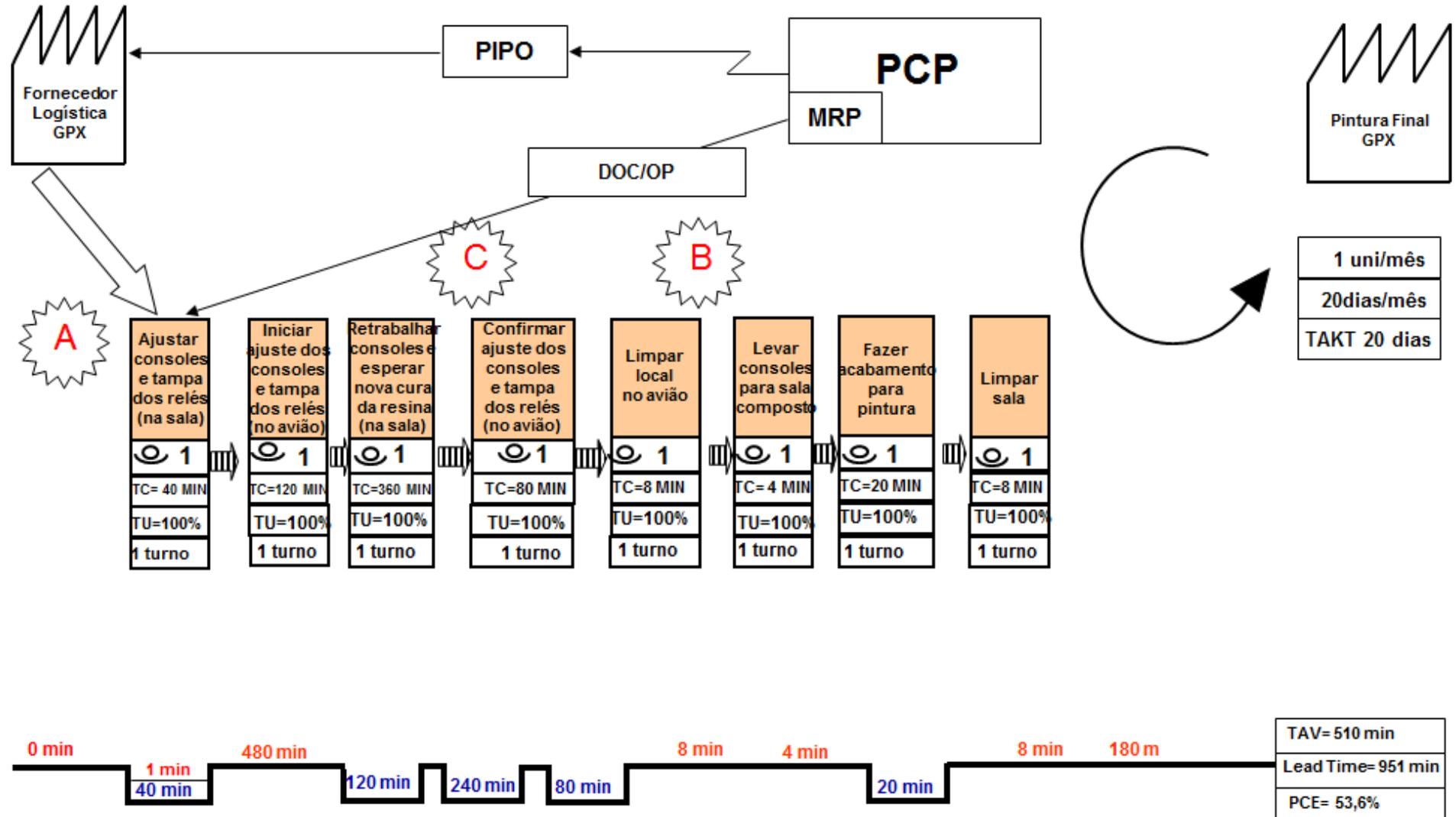
Fonte: Empresa.

Figura 48 – Mapa do Fluxo Atual Material Composto.



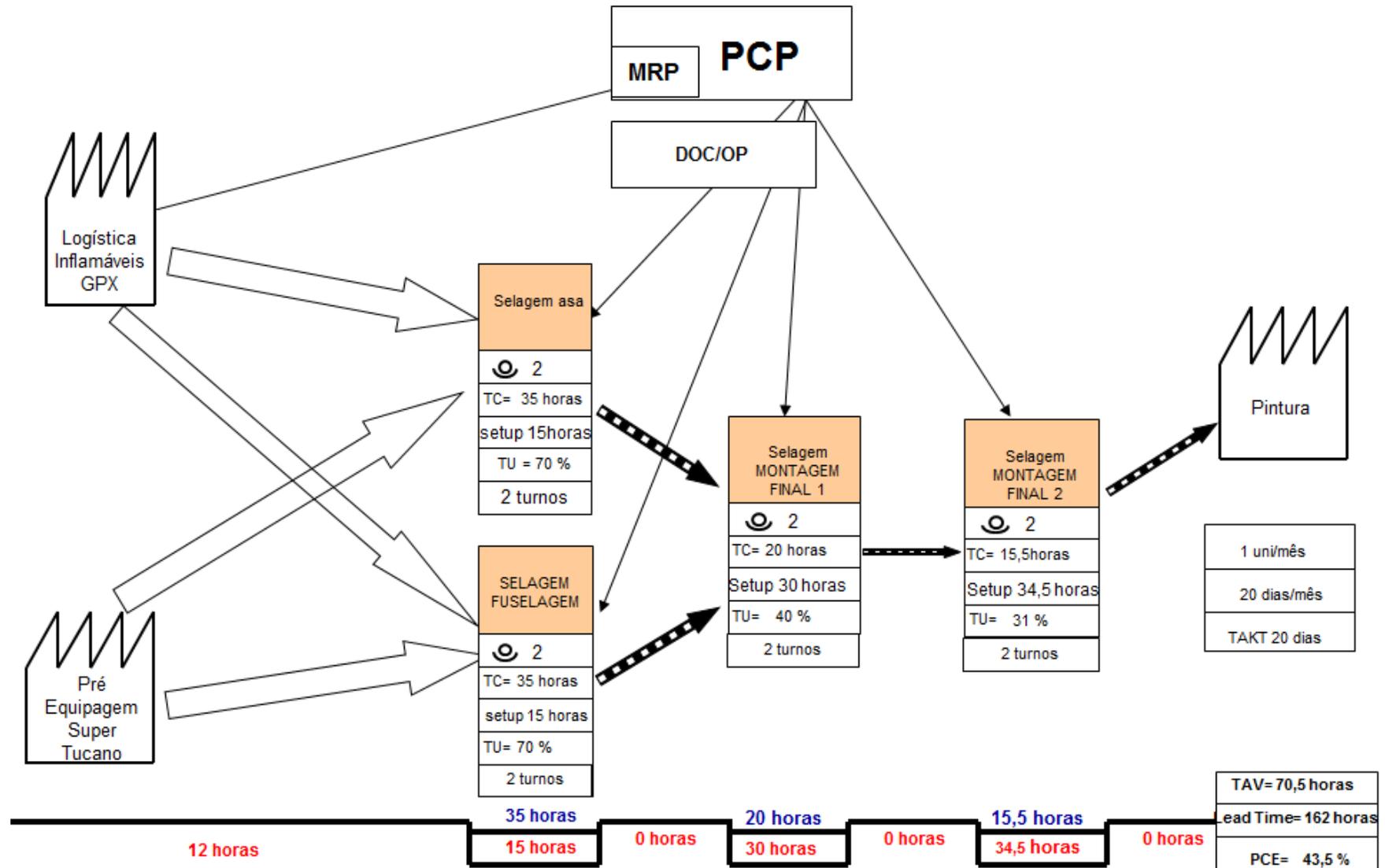
Fonte: Empresa.

Figura 49 – Mapa do Fluxo Futuro Material Composto.



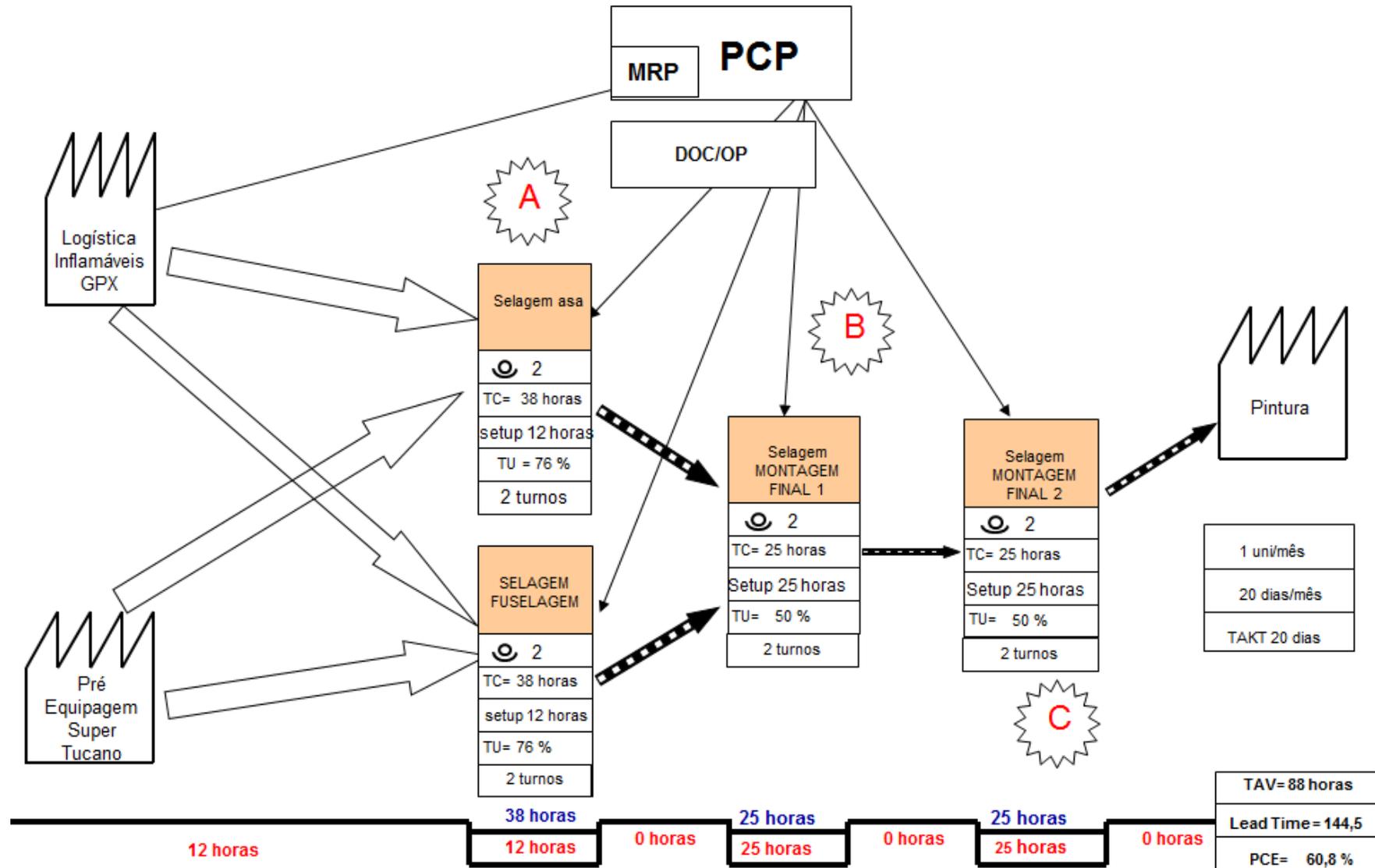
Fonte: Empresa.

Figura 50 – Mapa do Fluxo Atual Selagem.



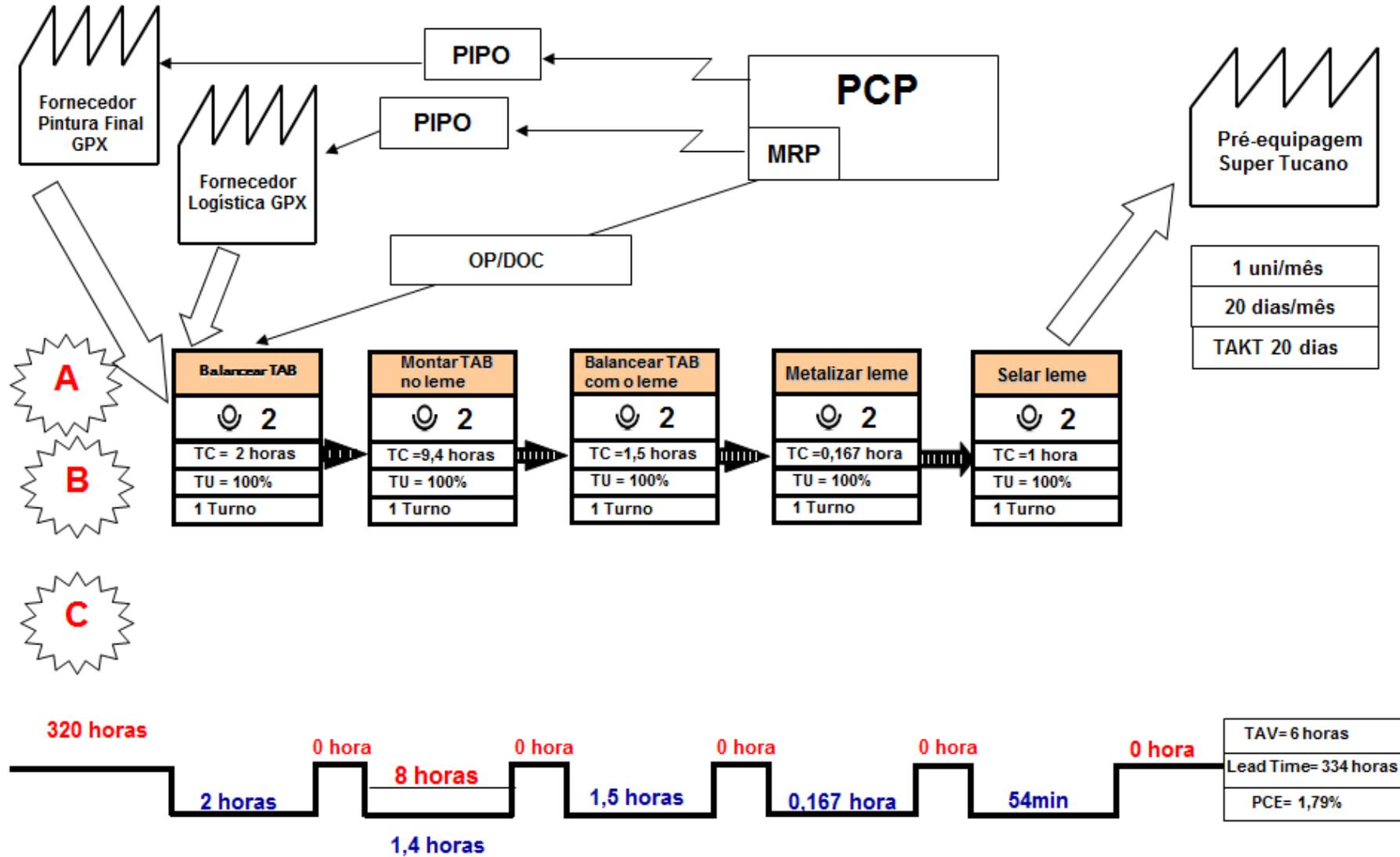
Fonte: Empresa.

Figura 51 – Mapa do Fluxo Futuro Selagem.



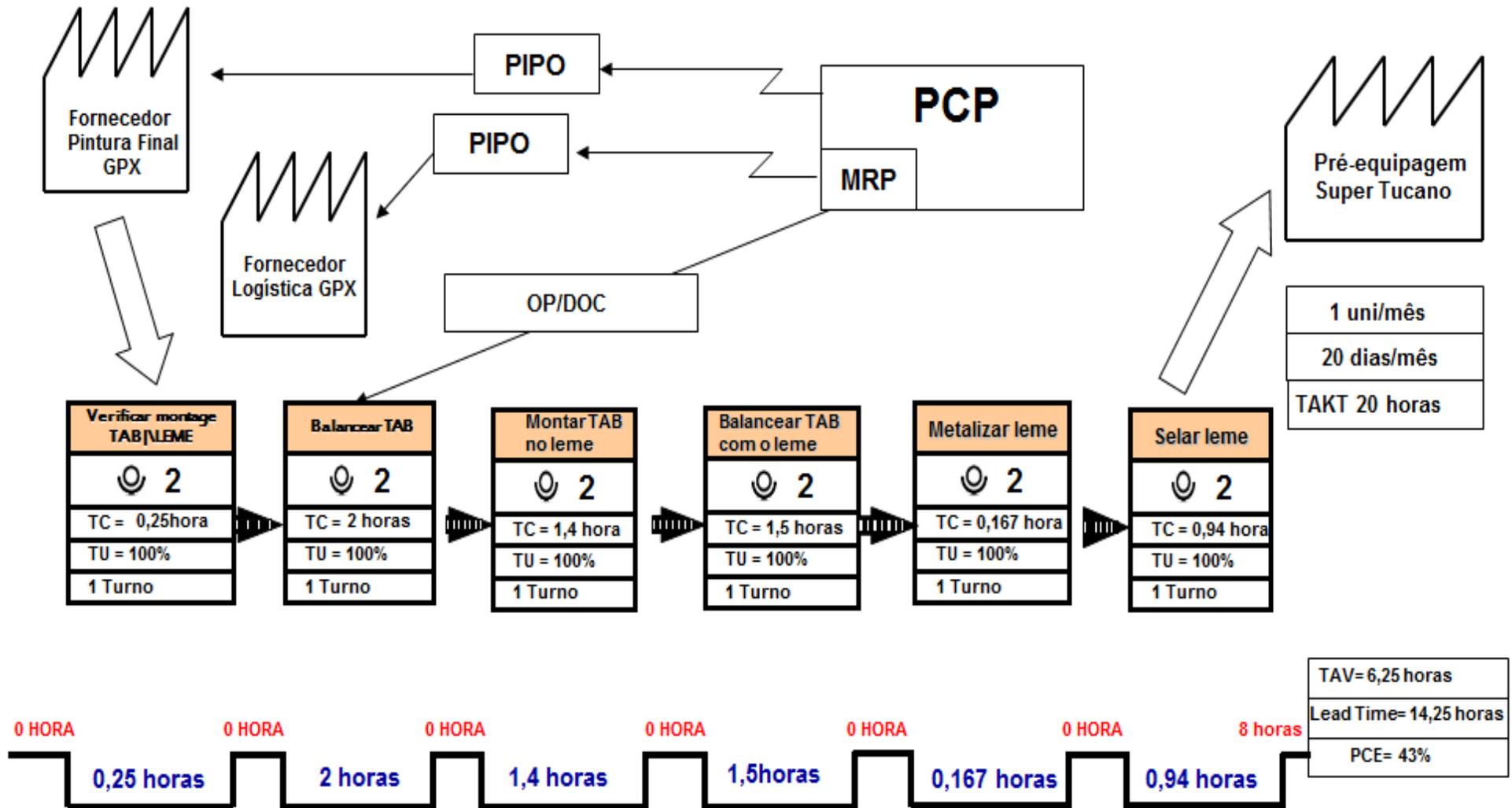
Fonte: Empresa.

Figura 52 – Mapa do Fluxo Atual Sistema Motopropulsor – Leme.



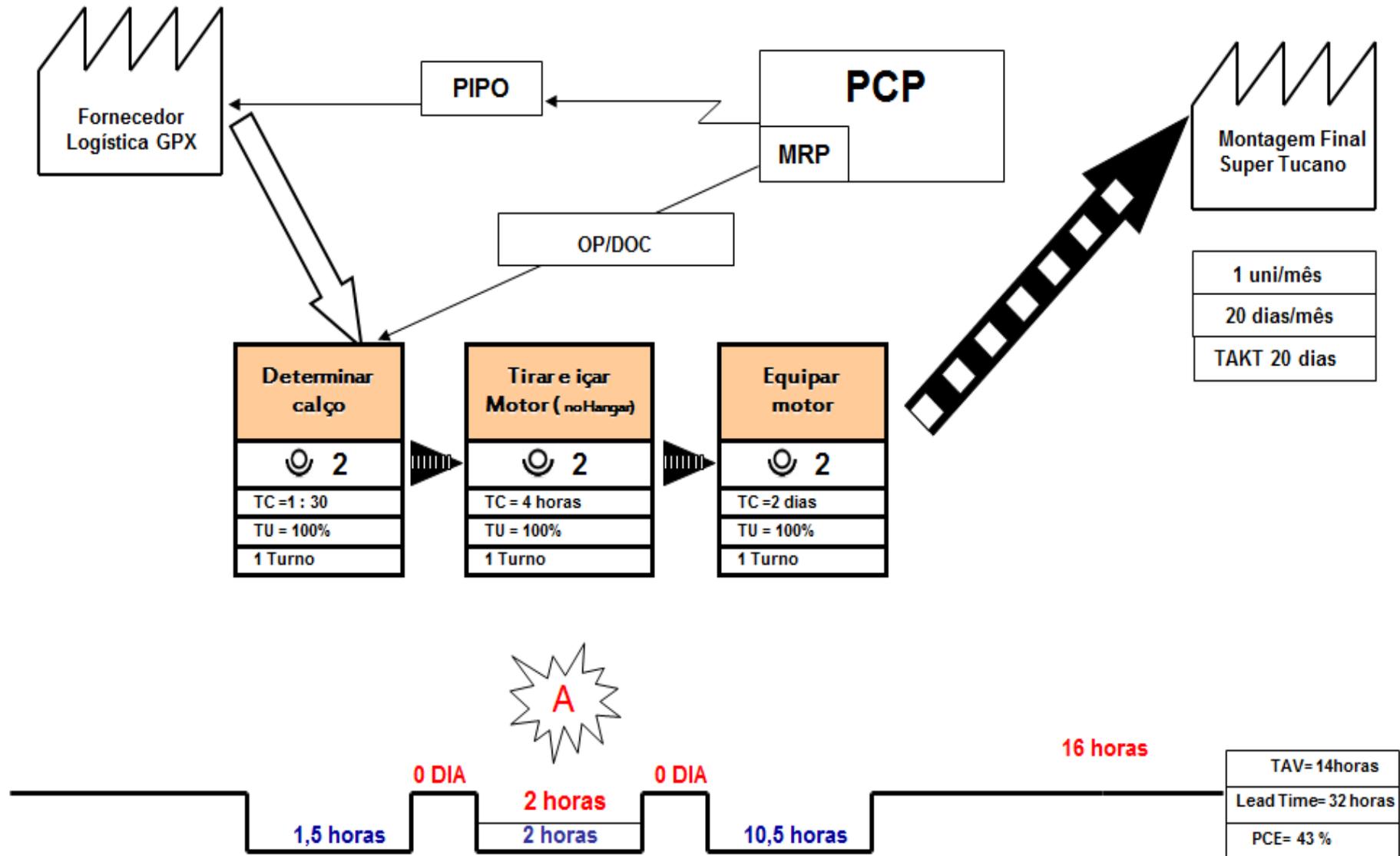
Fonte: Empresa.

Figura 53 – Mapa do Fluxo Futuro Sistema Motopropulsor – Leme.



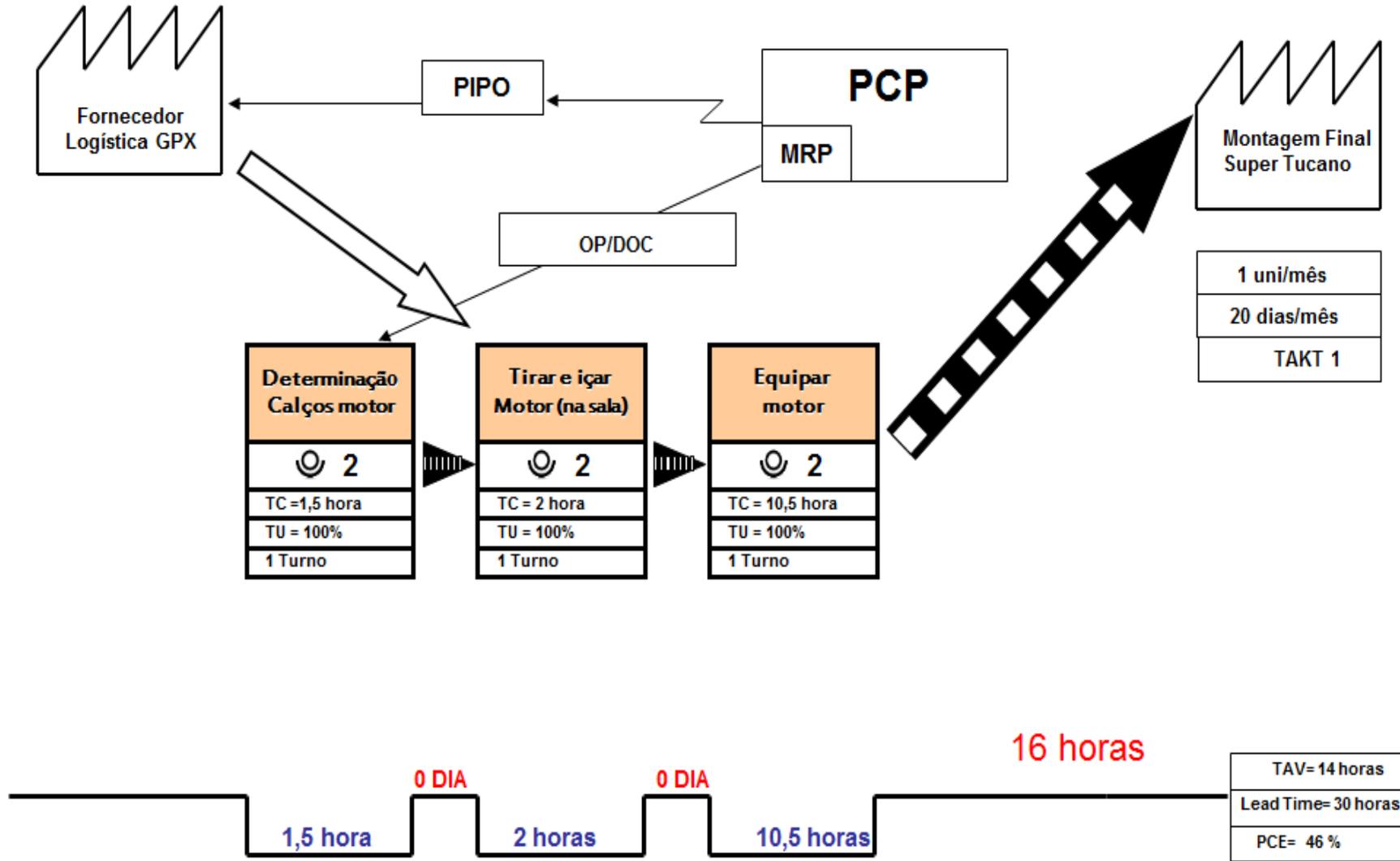
Fonte: Empresa.

Figura 54 – Mapa do Fluxo Atual Sistema Motopropulsor – Motor.



Fonte: Empresa.

Figura 55 – Mapa do Fluxo Futuro Sistema Motopropulsor - Motor.



Fonte: Empresa.

Os mapas do fluxo de valor de uma das áreas estudadas no presente trabalho, da Figura 18 a Figura 55 mostram que há pequenos ajustes a serem realizados no fluxo de produção relacionados a ajustes junto aos fornecedores para determinados módulos do produto e alterações nos procedimentos de trabalho, permitindo identificar o fato de que a curva de aprendizado em conjunto com as instruções de trabalho devem apoiar o uso das práticas *Lean* de modo a garantir o desempenho desejado.

A seguir é demonstrado o cálculo da aderência das práticas e no tópico 5 os resultados das práticas por contexto e por área de montagem estudada.

As fórmulas de cálculo para a aquisição do nível de percentual de aderência dos contextos *lean* e do nível de percentual de aderência das PE's são representadas pelas Equações 1 e 2.

Cálculo do Percentual de Aderência dos Contextos *Lean*

Equação (1)

$$\% \text{ aderência do contexto} = \frac{\sum \text{ notas das PE do contexto}}{\text{Quantidade de PE do contexto}}$$

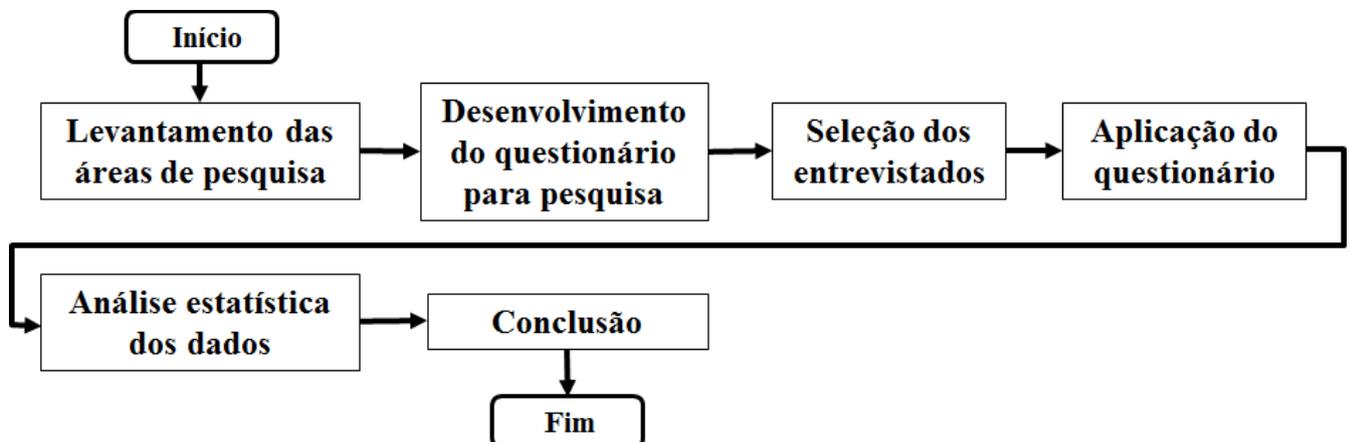
Cálculo do Percentual de Aderência das PE's

Equação (2)

$$\% \text{ aderência da PE} = \frac{\sum \text{ notas das Perguntas sobre a PE}}{\text{Quantidade de Perguntas sobre a PE}}$$

Para a operacionalização da metodologia utilizada no trabalho, foram realizadas atividades de forma organizada e sequencial, conforme o fluxograma da Figura 56.

Figura 56 – Fluxograma da Metodologia de Trabalho.



5. Resultados

Após a aplicação dos questionários para as células de manufatura da empresa em estudo os dados foram analisados e organizados de maneira lógica, sendo estudados área por área e desta maneira gerando resultados individuais por área e por células analisadas.

Os resultados individuais de cada área e célula contribuíram para o resultado geral do nível de implantação das práticas de produção enxuta na empresa objeto de estudo.

Na pesquisa desenvolvida foram analisados oito áreas que trabalham com tecnologias diferentes entre si e um número total de 22 células de manufatura estudadas.

O percentual de resposta aos questionários segue conforme a Tabela 8.

Tabela 8 - Tabela de percentual de respostas do questionário por área analisada

PERCENTUAL DE RESPOSTA DAS ÁREAS PESQUISADAS			
ÁREAS	CÉLULAS SELECIONADAS	CÉLULAS CONTRIBUINTES	% DE RESPOSTA
Área 1	9	8	88,89
Área 2	2	1	50,00
Área 3	1	1	100,00
Área 4	4	2	50,00
Área 5	5	5	100,00
Área 6	1	1	100,00
TOTAL			
ÁREAS	CÉLULAS SELECIONADAS	CÉLULAS CONTRIBUINTES	% DE RESPOSTA
6	22	18	81,48

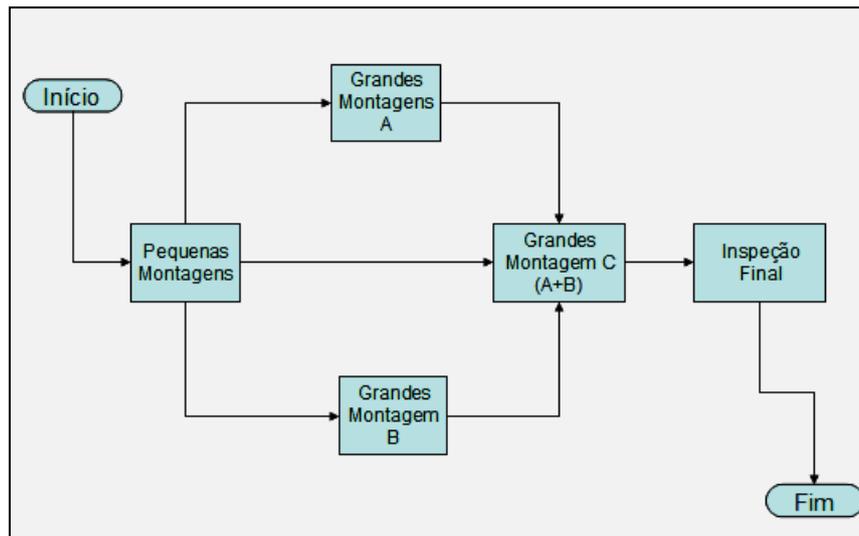
Os resultados do trabalho encontram-se separados por área, ou seja, para cada área foi realizada uma análise de acordo com os dados coletados das mesmas.

5.1 Resultados da Área 1 – Montagem Estrutural

Na área 1 é composta por 9 células de manufatura. Nesta área é realizada a montagem estrutural de asas de dois modelos de aeronaves produzidas pela empresa.

A Figura 57 representa o fluxograma das atividades realizadas na área 1.

Figura 57 – Fluxograma das Atividades Área 1



Esta área possui uma peculiaridade que deve ser levada em consideração com as demais áreas da empresa, a mesma é referência na unidade em sistema de produção enxuta. Esta área da empresa foi desenvolvida em parceria com uma empresa japonesa, onde se utilizava um sistema de produção próprio, que tinha suas bases também no sistema PE.

Devido a este fato os funcionários em geral possuem um tempo de aprendizado e familiarização com as ferramentas do PE enxuta maior que o restante dos colaboradores da empresa, o que contribui para um melhor desempenho perante as outras áreas da empresa.

Os resultados obtidos na área 1 com relação aos 4 contextos abortados do sistema de produção enxuta, com a finalidade de verificar o grau de aderência dos contextos (equação (1)), são os descritos a seguir:

- **TQM: 84,09%** - o contexto com maior adesão dentre os demais, este alto grau se deve ao fato dos Círculos de Controle da Qualidade (CCQ) da área 1 funcionarem de maneira eficiente, integrando todos os membros das células de manufatura existentes. Outro ponto que contribui para este percentual de aderência é a abordagem de todas as não conformidades existentes com estudo de análise de causa raiz.

- **JIT: 79,29 %** - o grau de adesão deste contexto foi satisfatório, e isto se deve a área 1 possuir rotas de abastecimento que fazem a entrega de material a ser utilizado no momento certo e na quantidade necessária em cada posto de trabalho. A rota de abastecimento de material desta área é referência para todas as outras células da empresa devido à pontualidade e quantidade de material disponibilizado.

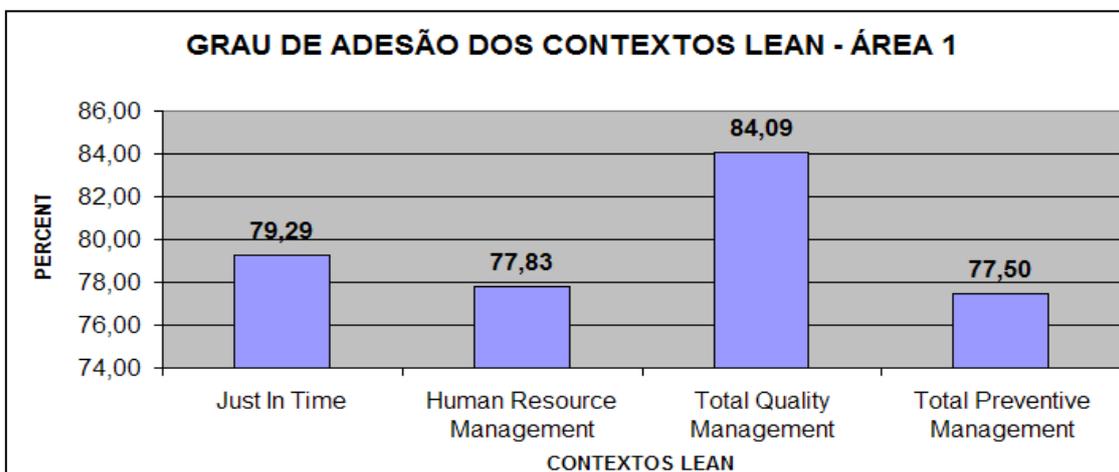
- **HRM: 77,83 %** - o contexto Gerenciamento de Recursos Humanos obteve grau de adesão satisfatório pelo fato da maioria das células de manufatura da área 1 trabalhar com o sistema de *Job Rotation* (Trabalho Rotativo), que possibilita o colaborador se desenvolver em várias

atividades na linha de produção, provocando desta maneira a multifuncionalidade dos colaboradores. Outro ponto importante é o envolvimento por parte da gerência e supervisão nos problemas diários do chão de fábrica, que possibilita a criação de equipes cross-funcionais e flexíveis para solucionar os problemas.

TPM: 77,50 % - este contexto foi o de menor adesão na área 1, pelo fato do treinamento fornecido pela empresa sobre a ferramenta TPM não atingir o objetivo de capacitar os colaboradores de forma a implantar o TPM de maneira correta e eficiente, pelo fato desta ferramenta ser complexa e necessitar de um treinamento mais específico e técnico.

A Figura 58 mostra o grau de aderência em percentual dos contextos *Lean* analisados na área 1 da unidade da empresa objeto de estudo.

Figura 58 - Gráfico do Grau de Adesão dos Contextos Lean na Área 1



As práticas de PE também foram analisadas de forma a verificar quais as práticas que está com maior e menor adesão na área 1. As práticas de PE que foram analisadas neste estudo encontram-se dentro dos contextos TPM, HRM, TQM e JIT. As práticas são as seguintes: Produção Puxada, Integração da Cadeia de Fornecedores, Operações Padronizadas, Nivelamento da Produção, Balanceamento da Produção, Troca Rápida de Ferramenta, Gerenciamento Visual, Mapeamento do Fluxo de Valor, Flexibilização da Mão de Obra, Controle da Qualidade Zero Defeitos, Melhoria Contínua e Manutenção Produtiva Total (indicada na Figura 58 como *Total Preventive Management*).

A análise das práticas de produção enxuta com relação ao nível de aderência das mesmas na área 1 indica:

Produção Puxada: 80,91 % - esta prática de PE obteve um nível de adesão satisfatório na maioria das células de manufatura avaliada, isto se deve pelo fato das células possuírem e atender um *Takt Time* definido de acordo com a demanda da área 1. Porém algumas células dentro da área 1 ainda trabalham com estoques de produto acabado. Por outro lado na área 1,

existe uma célula de manufatura que não atende o *Takt Time* solicitado pelo cliente. Esta célula foi instalada há poucos meses dentro da área e o seu produto final não é o mesmo das demais células da área.

Integração da Cadeia de Fornecedores: 73,51 % – este item foi o de menor adesão dentro da área 1, isto ocorre pelo fato da maioria dos fornecedores serem internacionais, contudo, frequentemente acarreta na falta de alguns materiais na linha de produção. Outro fator que contribui é a dimensão das peças utilizadas na área 1, em geral são de tamanho grande e acaba dificultando ainda mais o transporte das mesmas do país de origem até o seu destino final. Porém os fornecedores atuam com um estoque mínimo dentro da empresa, para que estes eventuais atrasos não impactem a linha de produção. O que fica evidente por parte dos fornecedores é que uma parcela dos mesmos ainda não trabalha com o sistema JIT na empresa.

Operações Padronizadas: 77,1 % – as células de manufatura da área 1 possuem as suas operações com um alto nível de padronização. As atividades possuem roteiros de atividades definidos pela engenharia de processos e contam também com um auxílio visual (POP – Procedimento Operacional Padrão) para cada atividade realizada por posto de trabalho na linha de produção. Outro ponto importante são as redes de precedência utilizadas pelos operadores por postos de trabalho, o que possibilita os mesmos saber qual atividade realizar, em que momento realizar e em quanto tempo realizar.

Nivelamento da Produção: 75,13 % – o nivelamento da produção das células de manufatura da área 1 segue a demanda de produção da área, que se baseia na carteira de pedidos da empresa. A produção encontra-se nivelada na maioria das células de manufatura de forma eficaz. Somente uma célula de manufatura não possui sua produção nivelada de maneira adequada, pelo fato da sua produção não se manter constante devido os seus clientes possuírem peculiaridades que impactam no nivelamento da sua produção. Os clientes da célula mencionada são do segmento militar e solicitam a manufatura quando é disponibilizada verba pelo governo.

Balanceamento da Produção: 83,75 % – as células de manufatura da área 1 possuem um balanceamento da produção satisfatório e não existem estoques intermediários entre os processos de montagem. Um ponto que contribui para o balanceamento da produção indiretamente é a distribuição de carga de trabalho por operadores, o qual possibilita que eles trabalhem de forma cadenciada e com metas diárias definidas.

Troca Rápida de Ferramenta: 73,54 % – a troca rápida de ferramenta é uma das PE que obteve um dos menores níveis de adesão na área 1. Este fato ocorre pela dificuldade de

aplicação desta prática nos processos da área 1 devido à natureza do mesmo (montagem estrutural), que segue na contra mão do que prega a literatura quanto a tempo de *setup*. No processo de montagem estrutural o tempo de *setup* é ‘dissolvido’ ao longo das atividades, ou seja, neste processo a um tempo de *setup* específico para cada atividade realizada na montagem do produto. A maior parte das literaturas nos define o Tempo de *Setup* como sendo um tempo único de preparação de máquinas na mudança da linha de produção de um lote A para um lote B, e que este tempo único está dividido em *setup* externo e interno. Nos treinamentos realizados pela empresa para os seus colaboradores é utilizada a definição literária, o que gera no colaborador um entendimento equivocado e dificuldades de trabalhar com esta prática. O processo da área 1 é montagem estrutural conforme já mencionado neste trabalho.

Gerenciamento Visual: 83,22 % – o gerenciamento visual da área 1 possui um nível de adesão muito satisfatório. As células de manufatura da área 1 utilizam de maneira muito eficiente a gestão visual para gerenciar seus processos. Cada célula possui seu próprio quadro de gestão visual onde é possível encontrar todos os indicadores e metas a serem alcançadas pelas mesmas. Esta gestão visual é desdobrada para os processos das células o que ajuda a orientar e facilitar o trabalho dos membros que atuam no processo em específico. Por meio da gestão visual é possível visualizar os postos de trabalho que estão com problemas via sinal luminoso ou sinalizações de cores. A organização das células quanto à demarcação dos corredores e de cada item existente nas mesmas é outro fator que se destaca no gerenciamento visual.

Mapeamento de Fluxo de Valor: 81,5 % – toda a célula de manufatura da área 1 possui o seu fluxo de valor mapeado pela prática de manufatura enxuta denominada de VSM. O mapeamento de fluxo de valor é de fundamental importância para as células de manufatura, pois ele é que define e auxilia a enxergar as oportunidades de melhoria de cada célula. Os projetos de melhorias (*kaizens*) são todos definidos por meio da análise preliminar do VSM de cada uma das células de manufatura. A área 1 possui um mapeamento de fluxo de valor macro, no qual cada célula é um processo do mapa, ponto que auxilia a gerência a tomar decisões assertivas quanto a projetos e investimentos em melhoria dos processos. O alto nível de adesão desta prática de produção enxuta é justificado pela utilização e entendimento correto desta prática.

Flexibilização da Mão de Obra: 80,39 % – esta prática de PE obteve um índice de adesão bom, pois algumas células começaram a trabalhar com o sistema rotativo de funcionários (*Job Rotation*). O intuito desta prática nas células é de capacitar os colaboradores a realizar

qualquer atividade que esteja no âmbito da célula, assim aumentando o nível de multifuncionalidade dos funcionários. Outra função do trabalho rotativo é de desenvolver profissionalmente os funcionários, para que os mesmos possam realizar atividades mais complexas e de maiores responsabilidades. Todos os funcionários passam por treinamentos teóricos e práticos disponibilizados pela empresa antes de realizarem qualquer atividade no produto. Porém um ponto a ser melhorado é a utilização deste trabalho rotativo por todas as células da área 1, o que não acontece atualmente, gerando desta forma a dependência de alguns funcionários em atividades específicas.

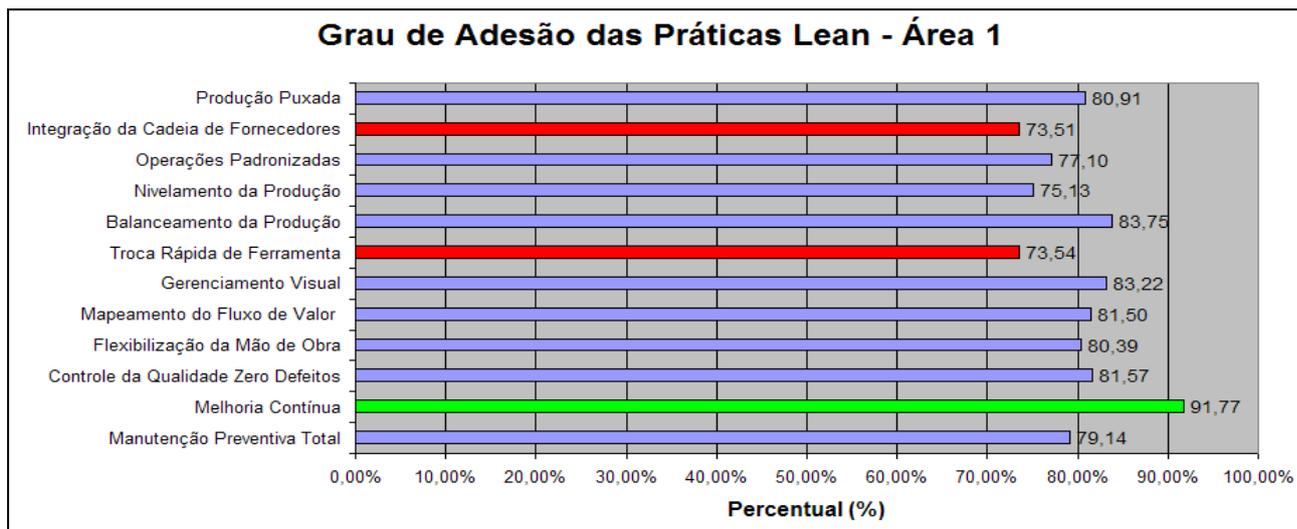
Controle da Qualidade Zero Defeitos: 81,57 % – o controle da qualidade e a busca pelo zero defeito nas células de manufatura da área 1 possuem um nível de adesão excelente por vários fatores constatados neste trabalho. As células tratam todas as não conformidades ocorridas no processo produtivo pelo estudo de análise da causa raiz (método científico) e desenvolve soluções *poka-yoke* para as mesmas. Os *poka-yoke* são registrados como lição aprendida pela célula para que os funcionários aprendam com os erros cometidos em ocasiões anteriores. Outro fato importante é a utilização de controle estatístico de qualidade como medida de prevenção ao erro em processos críticos da célula, nos quais a possibilidade de ocorrer uma não-conformidade é alta.

Melhoria Contínua: 91,77 % – esta prática de PE é a de maior adesão dentre todas as estudadas neste trabalho na área 1, todos os funcionários participam das atividades de melhoria contínua das células de manufatura, utilizando ferramentas da qualidade com 5 Porquês “*5WH*”, *Brainstorm* e Diagrama de Ishikawa. Os funcionários possuem na sua rede de atividades diárias um tempo disponível de 2 horas para realização das melhorias no seu posto de trabalho.

Manutenção Produtiva Total: 79,14 % - a prática de PE TPM está com um nível de adesão bom, as células possuem os *check list* dos equipamentos, existe uma periodicidade de verificação dos equipamentos e os membros realizam manutenção básica nos equipamentos, como limpeza e lubrificação. Um problema detectado nas células de manufatura da área 1 em geral foi a não realização da ronda de TPM com a frequência estabelecida, ou seja, ocorrem falhas na programação determinada. Outro ponto importante que se deve levar em consideração foi o treinamento aplicado aos membros da célula de manufatura com relação ao TPM. O treinamento ministrado foi muito básico, tendo em vista que esta prática é complexa tanto quanto um sistema de PE.

A Figura 59 mostra o grau de adesão em percentual das PE enxuta analisadas na área 1 da unidade da empresa objeto de estudo.

Figura 59 - Gráfico do Grau de Adesão das Práticas de Produção Enxuta na Área 1.



Após a aplicação do questionário nas células de manufatura da área 1, pode-se concluir por meio do gráfico da Figura 48 que, a maioria das células encontra-se em níveis de adesão das práticas de manufatura enxuta entre 60% a 100%.

Estas faixas de adesão das práticas possuem um significado positivo, tendo em vista que o programa de melhoria contínua na área 1 teve seu início em meados de 2007 e já apresenta e já apresenta níveis de adesão satisfatórios e a cultura de melhoria contínua disseminada nas células.

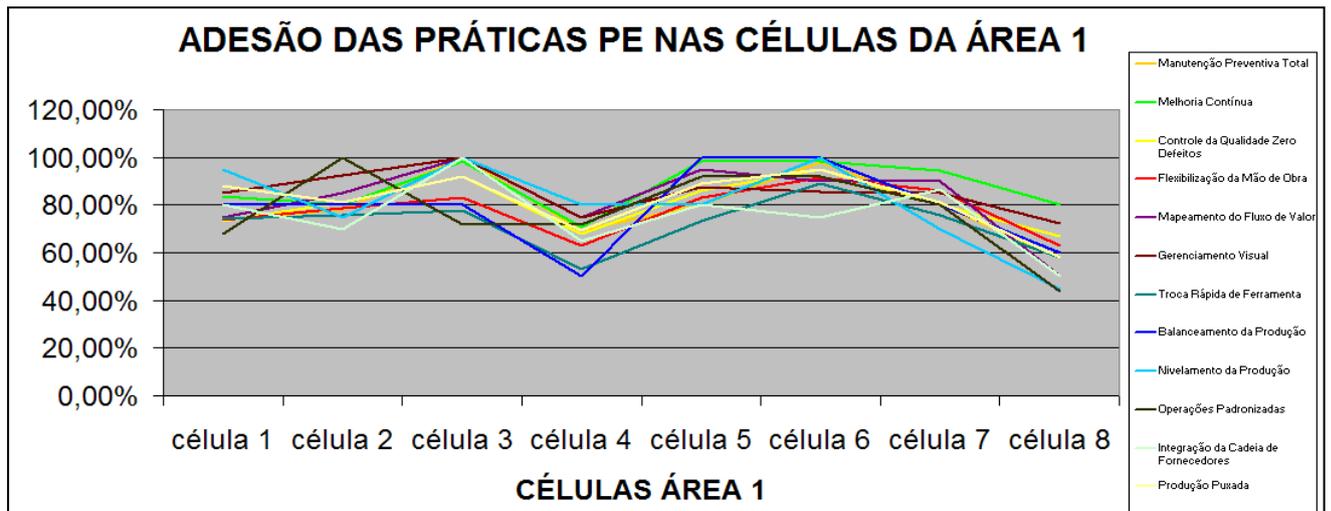
A célula onde os níveis de adesão das práticas de PE foram maiores é a célula número 3, com 91,26% de adesão com relação as práticas, com destaque para a Manutenção Produtiva Total, Mapeamento de Fluxo de Valor, Nivelamento da Produção e Integração da Cadeia de Fornecedores com 100% de adesão destas práticas de acordo com a pesquisa.

A célula da área 1 com menor índice de adesão foi a de número 8, na qual as práticas de produção enxuta, Mapeamento de Fluxo de Processo, Nivelamento da Produção, Padronização das Atividades e Integração das Cadeias de Fornecedores ficaram com os níveis de adesão igual ou abaixo de 50%.

Um ponto relevante com relação à célula de manufatura número 8 é que a mesma foi alojada na área 1 recentemente.

A célula encontrava-se instalada na área 5, onde o programa corporativo de melhoria contínua da empresa começou com defasagem de 1 ano depois da área 1, ou seja, a célula número 8 não se encontra com a mesma maturidade com relação às práticas de produção enxuta que as demais células da área 1. De acordo com a Figura 60.

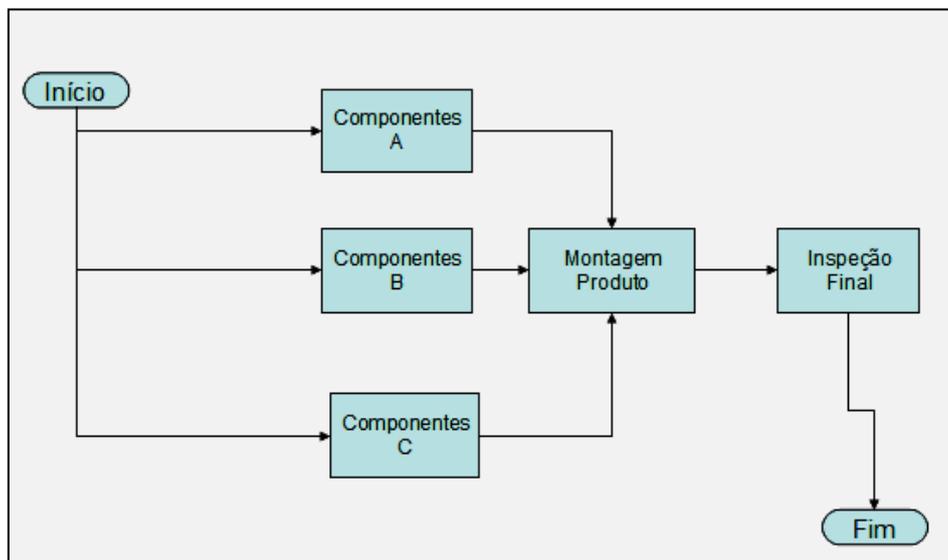
Figura 60 - Gráfico de Adesão das Práticas PE nas Células da Área 1



5.2 Resultados da Área 2 – Manufatura de Móveis

A área 2 da empresa é constituída por 2 células de manufatura que trabalham com a tecnologia de manufatura de móveis para interiores de aeronaves executivas. A Figura 61 mostra o fluxograma das atividades realizadas na área 2.

Figura 61 – Fluxograma das Atividades Área 2



Para esta área o percentual de respostas dos questionários foi de 50%, devido a uma célula não responder o questionário. A área 2 foi à segunda área da unidade a começar a trabalhar e implantar as práticas de PE.

Os resultados obtidos na área 2 com relação aos 4 contextos abordados do sistema de PE, com a finalidade de verificar o grau de aderência dos contextos são os seguintes:

- **TQM: 66,60%** - o baixo nível de aderência do contexto se deve principalmente ao elevado número de retrabalho gerado no processo de manufatura dos móveis.

Os retrabalhos são freqüentes devido aos móveis das aeronaves serem customizados e a configuração dos mesmos serem alteradas conforme solicitação dos clientes, sendo que desta maneira a possibilidade de retrabalho aumenta consideravelmente. Outro fator que contribuiu para o baixo nível de aderência do contexto foi à falta de especificações documentadas a respeito das características de qualidade do produto e dos processos.

- **JIT: 80,83%** - o nível de aderência deste contexto apresentou resultados, satisfatório sendo o maior entre os contextos avaliados na área 2. São vários os fatores que contribuíram para este elevado nível de aderência como:

- 1) A existência de cartões *kanban* para puxar o processo de abastecimento de matéria prima para os setores de área;
- 2) Dispositivos de identificação visual que possibilita a visualização por parte do planejamento da necessidade de abastecimento de componentes da produção e tomar a melhor decisão quanto à cadeia de abastecimento dos materiais; e
- 3) O canal de comunicação entre a produção e o planejamento o qual contribui para mantê-la com bom gerenciamento.

- **HRM: 60%** - este contexto foi o de menor aderência dentre os 4 analisados na área 2. Os pontos mais relevantes para esta baixa aderência do contexto foi a falta de rodízio entre as funções existentes dentro da célula de manufatura e a baixa multifuncionalidade dos operadores que realizam as atividades de manufatura.

- **TPM: 71,10%** - o nível de aderência deste contexto na área 2 foi baixo. Como também já constatado na área 1 o treinamento de TPM fornecido pela empresa não contempla o objetivo de capacitar os membros das células de manufatura em implantar a metodologia TPM de forma adequada.

As rotinas de manutenção preventiva não ocorrem de forma consistente, sendo que equipamentos ainda param e se faz necessário uma manutenção corretiva.

A Figura 62 mostra o gráfico da análise dos contextos de PE com relação ao nível de aderência das mesmas na área 2.

Figura 62 - Gráfico do Grau de Adesão dos Contextos Lean na Área 2



Na área 2 também foi realizado a análise para verificar o nível de aderência das práticas de produção enxuta, de uma forma geral as mesmas obtiveram um nível de aderência bom, salvo algumas exceções como Controle da Qualidade Zero Defeito e Flexibilização da Mão de Obra.

A análise das práticas de PE com relação ao nível de aderência das mesmas na área 2 indica:

Produção Puxada: 87 % - esta prática de PE apresentou um nível de aderência satisfatório pelo fato de possuir dispositivos visuais que facilitam identificar as necessidades da produção por parte do planejamento de produção, possuir postos de trabalho dimensionados de forma que facilita a entrada e saída de material em pequenos lotes e também utilizar os cartões kanban de maneira adequada o que facilita a produção puxada. Porém, há pontos a ser melhorados na utilização da prática da produção puxada na área 2, como o arranjo físico da área que não favorece o trabalho e os prazos de entrega dos produtos acabados que ainda não é cumprido de forma efetiva.

Integração da Cadeia de Fornecedores: 85 % – a prática de PE em questão possui um nível de aderência satisfatório. Os fornecedores internos das células de manufatura da área 2 realizam a entrega da matéria prima sempre em pequenos lotes, com grande frequência e dentro do prazo acordado, o que contribui para que a produção entre fornecedores e células produtivas seja puxada e não empurrada. Um ponto a ser melhorado na utilização desta prática de PE é a qualidade dos produtos fornecidos, com a finalidade de eliminar a inspeção da matéria prima já na linha de produção.

Operações Padronizadas: 84 % – o nível de aderência desta prática PE enxuta na área 2 foi satisfatório pelo fato das atividades serem padronizadas de maneira a facilitar o trabalho dos operadores, existem rotinas de trabalho pré-estabelecidas para reuniões e atividades de melhoria dos processos.

Nivelamento da Produção: 70 % – a aderência desta PE em questão é razoável na área 2 pelo fato de existir variações grandes e rápidas no plano de produção da célula o que dificulta um nivelamento ideal da produção. Estas variações são geradas pelo fato da área trabalhar com produtos customizados, ou seja, a produção segue de acordo com a solicitação do cliente.

Balanceamento da Produção: 90 % – esta prática apresentou um excelente nível de aderência, o maior da área 2, pelo fato de possuir o seu recurso mão de obra *versus* atividades que devem ser realizadas, balanceadas por postos de trabalho das células, o que conseqüentemente gera o balanceamento da mão de obra da linha de produção por inteira.

Troca Rápida de Ferramenta: 75,6 % – o nível de aderência desta prática foi razoável pelo fato de ser um processo de montagem de móveis de interiores no qual o tempo de *setup* encontra-se dividido ao longo da atividade, ou seja, não condiz com o treinamento disponibilizado pela empresa que trata o tempo de *setup* como um tempo único no final de cada produto finalizado. Outro ponto a ser melhorado é a frequência de estudos realizados visando a redução do tempo de *setup*, sendo que atualmente este trabalho é pouco realizado na área 2.

Gerenciamento Visual: 75 % – esta prática de PE apresentou uma aderência razoável, pois os itens levantados pelo gerenciamento visual não é informado de maneira rápida e eficiente para os operadores do processo. Outro ponto é que o fluxo dos processos não possui um gerenciamento visual legível do início ao fim.

Mapeamento de Fluxo de Valor: 80 % – a prática possui uma boa aderência na área 2, na qual a mesma é utilizada de maneira adequada, proporcionando a visualização de pontos de melhoria no processo, demonstrando o estado atual e futuro dos processos e mapeando o fluxo de valor de toda a cadeia e não só da área.

Flexibilização da Mão de Obra: 60 % – esta prática de PE obteve um índice de aderência baixo sendo o que contribuiu para este resultado foi a baixa multifuncionalidade dos colaboradores da área 2 e também a falta de rodízio nas funções existentes na área (falta de *job rotation*), o que impacta no desenvolvimento profissional de seus membros.

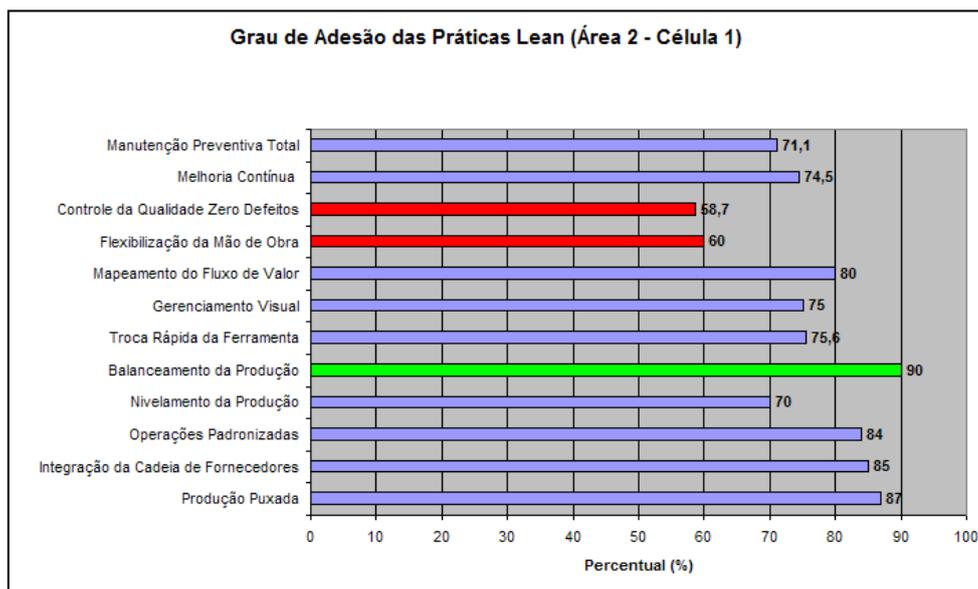
Controle da Qualidade Zero Defeitos: 58,7 % – dentre todas as práticas de PE avaliada na área 2 o CQZD foi a de menor aderência. Alguns pontos contribuíram para este resultado como a falta de painéis sinalizadores para indicar a ocorrência de uma não conformidade para que a ação seja tomada o mais rápido possível, o alto nível de retrabalho da área e a falta de documentos com especificações técnicas de qualidade dos processos da área. Os CCQ's da área 2 se encontram em fase de estruturação o que também afeta a aplicação da prática de produção em questão.

Melhoria Contínua: 74,5 % – a prática de PE teve uma aderência satisfatória, sendo que os pontos que mais contribuíram para este resultado foram: a padronização de todas as melhorias que acontecem na área, alta frequência de eventos *kaizens* e *workshops* realizados em busca da melhoria dos processos e o grande envolvimento da direção e gerência no programa de melhoria contínua.

Manutenção Produtiva Total: 71,1 % – o nível de aderência mediano para esta prática é gerado por dois pontos levantados no questionário de avaliação. O primeiro ponto é o de a área 2 trabalhar com manutenção corretiva e não utilizar a manutenção preventiva para as suas máquinas e equipamentos, e o outro ponto é a capacitação superficial dos colaboradores com relação à prática de PE, o TPM. O treinamento aplicado aos colaboradores não abrange de forma completa e eficiente o objetivo de compreender e aplicar na prática a manutenção produtiva total. Este ponto também foi constatado na análise da área 1.

A Figura 63 mostra o nível de aderência de cada prática de PE analisada na área 2.

Figura 63 - Gráfico do Grau de Adesão das Práticas de Produção Enxuta na Área 2

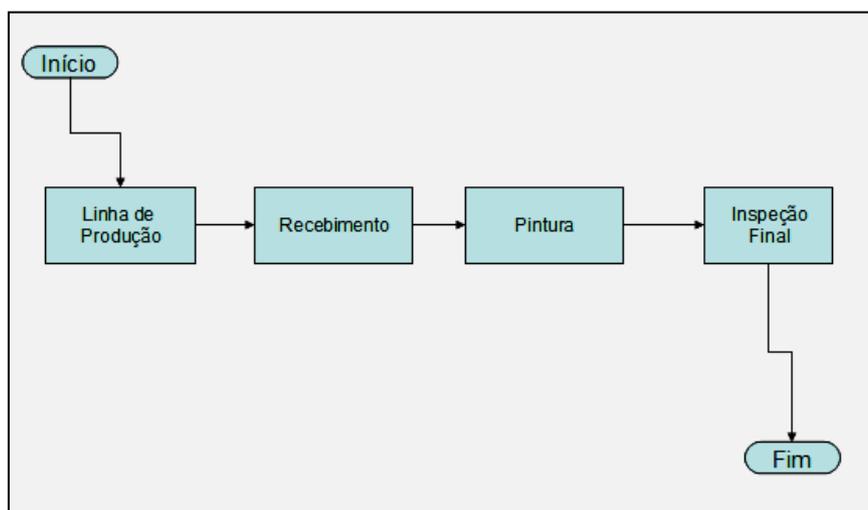


A área de manufatura 2 da empresa objeto de estudo possui 2 células de manufatura, sendo que uma célula de manufatura não contribuiu para a pesquisa, o que tornou impossível realizar a análise de comparação entre as células e verificar se existe distorção do nível de aderência das práticas de PE entre as mesmas.

5.3 Resultados da Área 3 – Pintura de Aeronaves

A área 3 da empresa objeto de estudo é constituída por apenas uma célula de manufatura. A tecnologia empregada nesta célula é a de pintura de aeronaves. Esta área realiza a pintura de aeronaves executivas, do segmento de defesa e asas de aeronaves comerciais. A Figura 64 representa o fluxograma das atividades realizadas na área 3.

Figura 64 – Fluxograma das Atividades Área 3



A pintura das aeronaves é diversa pelo fato dos clientes serem variados. Cada cliente escolhe o seu próprio padrão de pintura, com faixas e detalhes diversos, ou seja, as aeronaves são pintadas de maneira customizadas.

Os resultados obtidos na área 3 com relação aos 4 contextos abordados do sistema de PE, com a finalidade de verificar o grau de aderência dos contextos são os seguintes:

- **TQM: 73%** - o contexto de qualidade total obteve o menor índice de aderência entre os contextos analisados na área 3. Os retoques no processo de pintura são freqüentes e são considerados como retrabalho. A falta de atividades de pequenos grupos os APG's (Atividades de Pequenos Grupos) também contribui para este nível de aderência baixo.
- **JIT: 74,4%** - este contexto também obteve nível de aderência baixo, sendo que os itens responsáveis são o desbalanceamento da produção e da utilização equivocada do mapeamento

de fluxo de valor, em que o mesmo é elaborado sem a participação de representantes das áreas fornecedoras e clientes.

- **HRM: 84,6%** - a gestão de recursos humanos foi o contexto com o maior nível de aderência dentro da área 3. O envolvimento da gerência e direção no processo de melhoria e o rodízio de funções realizado pela área são os pontos que mais contribuem para o nível de aderência elevado.

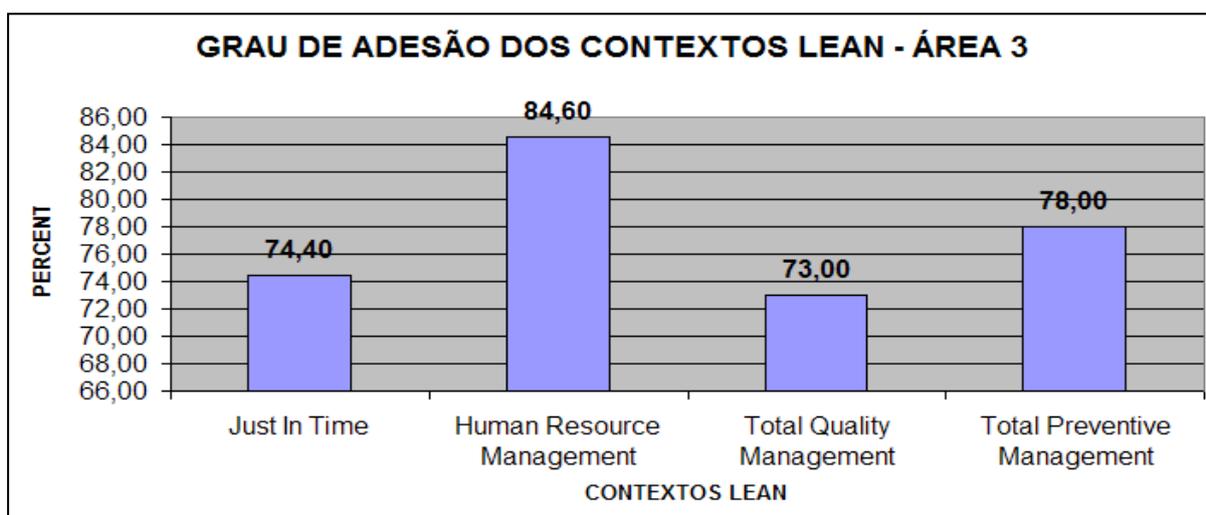
- **TPM: 78%** - este contexto obteve um nível de aderência baixo pelo fator já detectado nas áreas 1 e 2, que é o treinamento disponibilizado pela empresa para os colaboradores, o qual não dá embasamento para implantar a manutenção preventiva total de forma adequada na área.

O trabalho de verificação do nível de aderência das práticas de PE também foi realizado na área 3, com destaque a prática de produção puxada que obteve o maior nível de aderência.

O trabalho de verificação do nível de aderência das práticas de PE também foi realizado na área 3, com destaque á prática de produção puxada que obteve o maior nível de aderência.

A Figura 65 mostra o gráfico com o nível de aderência dos contextos de PE analisados na área 3.

Figura 65 - Gráfico do Grau de Adesão dos Contextos Lean na Área 3.



A análise das práticas de produção enxuta com relação ao nível de aderência das mesmas na área 3 é descrito a seguir:

Produção Puxada: 92,9% - a prática de PE foi a de maior aderência dentro da área 3. Esta aderência elevada se teve pelo fato de o *Takt Time* de cada produto ser conhecido pela produção e pelo controle e planejamento da área, o sistema kanban possui um funcionamento adequado, com cartões contendo todas as informações necessárias e dispositivos de gestão visual que auxilia e facilita o fluxo da produção como, por exemplo, redes de precedência para cada produto.

Integração da Cadeia de Fornecedores: 73,3% – esta prática de PE obteve uma aderência satisfatória. O ponto forte desta prática é o fluxo de informação entre os fornecedores internos e célula de manufatura que possui a quantidade necessária de material, quando este material deve chegar e onde o mesmo deve ser alocado dentro da linha de produção. Porém um ponto a ser melhorado é a entrega de produtos (aeronaves para pintura) que em algumas ocasiões acontecem de forma empurrada e não puxada ou não ocorrem na data prevista gerando atraso.

Operações Padronizadas: 84% – o percentual de aderência desta prática de PE ficou em um nível muito satisfatório, as atividades são totalmente padronizadas com os POP's, os colaboradores atuam ativamente no processo de manufatura dos padrões de atividades. Os POP's estão em lugares de fácil acesso para os colaboradores (posto de trabalho) e existem rotinas de 5S, TPM e Asaichi Yuichi que ocorrem com frequência padronizada e definida pela área.

Nivelamento da Produção: 70% – esta prática foi uma entre as de menores aderências dentro da área 3, a grande quantidade de mudança da ordem (seqüência) de pintura das aeronaves acaba gerando um desbalanceamento da produção planejada. Esta grande quantidade de mudança da ordem de produção se deve pelo fato da área 3 pintar as aeronaves e no processo de testes em vôo ocorrerem algum problema com a pintura (retrabalho) como riscos devido a remoção de tampas de acesso da aeronave e desta forma a mesma tem que retornar á cabine de pintura para realizar o retrabalho.

Balanceamento da Produção: 60% – o nível de aderência desta prática foi o mais baixo da área juntamente com a prática de mapeamento de fluxo de valor. O fato deste baixo nível é tempo de ciclo das cabines de pintura não serem balanceados.

Troca Rápida de Ferramenta: 70% – a prática de TRF obteve uma aderência baixa, pelo fato da dificuldade gerada no entendimento da ferramenta por parte de todos os membros da área 3. Este problema no entendimento e aplicação dos conceitos do TRF nas atividades já foi constatado na área 1 e área 2. O treinamento aplicado pela empresa sobre o TRF não condiz com a natureza dos processos da mesma pelo fato de o tempo de *setup* não estar concentrado

no começo e no final da manufatura do produto, mas sim ao longo do processo de manufatura, o que gera este baixo nível de entendimento e aplicação por parte dos colaboradores.

Gerenciamento Visual: 85% – o nível de aderência desta prática de PE foi satisfatório, pois o programa de 5S e similares funcionam de forma correta padronizando, limpando e identificado os itens da área, as metas e resultados encontram-se disponíveis em quadros de gestão visual de modo que todos os integrantes da área tenham acesso a estas informações e também o uso de dispositivos visuais como faixas sinalizando corredores e postos de trabalho e placas sobre utilização de EPI's. (Equipamentos de Proteção Individual)

Mapeamento de Fluxo de Valor: 60% – esta prática de mapeamento do fluxo de valor obteve o menor índice de aderência da área 3 juntamente com o balanceamento da produção. Os pontos que contribuíram para esta baixa adesão foram á análise de maneira incorreta sem representante de todas as áreas envolvidas no mapeamento do fluxo de valor e o plano de ação das melhorias identificadas no mapeamento do fluxo de valor não estão sendo cumpridos.

Flexibilização da Mão de Obra: 84,6% – esta prática obteve uma aderência satisfatória, pois existe rodízio de função formalizado pela empresa, existe a preocupação da gestão em estar desenvolvendo os colaboradores tecnicamente, realizando um *job rotation* entre os mesmos e um fator já identificado nas outras áreas analisadas (área 1 e 2), que é o forte envolvimento da direção e gerência com o programa de melhoria, realizando visitas periódicas ao processo produtivo com o intuito de resolver problemas mais complexos em conjunto com os colaboradores.

Controle da Qualidade Zero Defeitos: 73,3 % – o índice de aderência desta prática foi razoável, pois existe um número considerável de retrabalhos realizados na área e os retrabalhos não recebem a tratativa de forma adequada, ou seja, com soluções *poka-yokes*. Um ponto identificado como satisfatório foram as frequentes auditorias de qualidade nos produtos e processos e a inspeção de qualidade de 100% dos itens produzidos.

Melhoria Contínua: 72,7 % – esta prática de PE apresenta uma aderência razoável, pois existem falta de APG's para tratativa de assuntos relacionados ao processo produtivo e a comunicação deficiente na divulgação das metas da empresa dentro da área 3. Porém pontos como a qualidade do treinamento dos colaboradores sobre as ferramentas e princípios do sistema de PE e o envolvimento da alta gerência no programa de melhoria contínua foram satisfatórios dentro da área analisada.

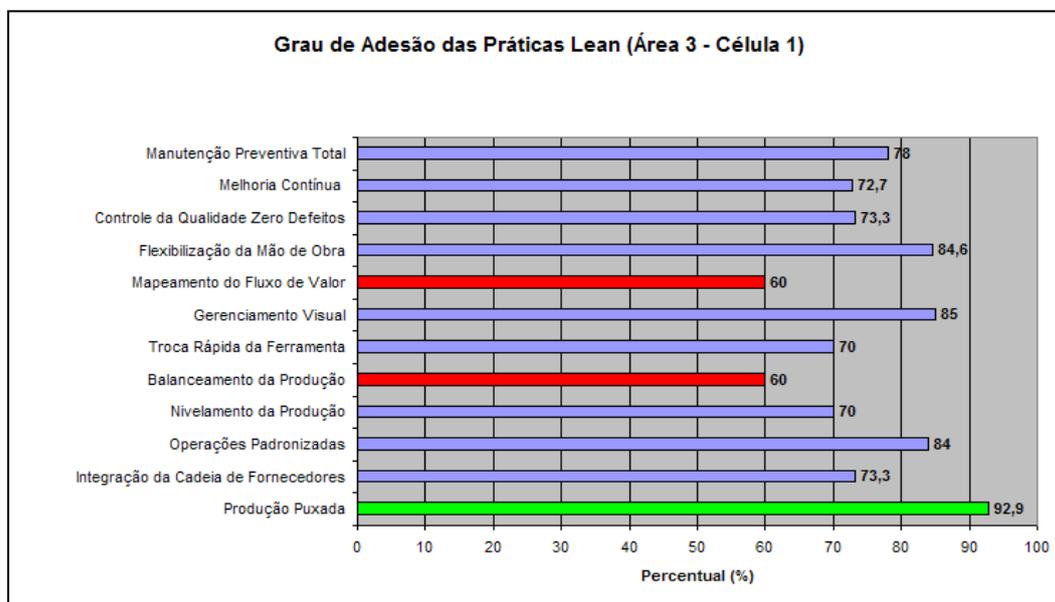
Manutenção Produtiva Total: 78 % – o nível de aderência da prática de PE, o TPM foi satisfatório na área 3, sendo que os equipamentos possuem listas para orientar e auxiliar nas atividades de manutenção (ronda de TPM), as máquinas priorizadas de acordo com o baixo

rendimento, é analisado e coletado os valores de OEE diariamente, por meio do mesmo é elaborado um plano de ação para melhoria da capacidade produtiva da máquina. Um item desfavorável com relação ao TPM foi à falta de manutenção preventiva na maioria dos equipamentos da área.

A área manufatura 3 da empresa objeto de estudo possui apenas uma célula de manufatura, o que torna impossível realizar a análise de comparação entre as células e verificar se existe distorção entre as mesmas.

A Figura 66 mostra o gráfico que demonstra o nível de aderência de cada prática de PE analisada na área 3 da empresa objeto de estudo.

Figura 66 - Gráfico do Grau de Adesão das Práticas de Produção Enxuta na Área 3.



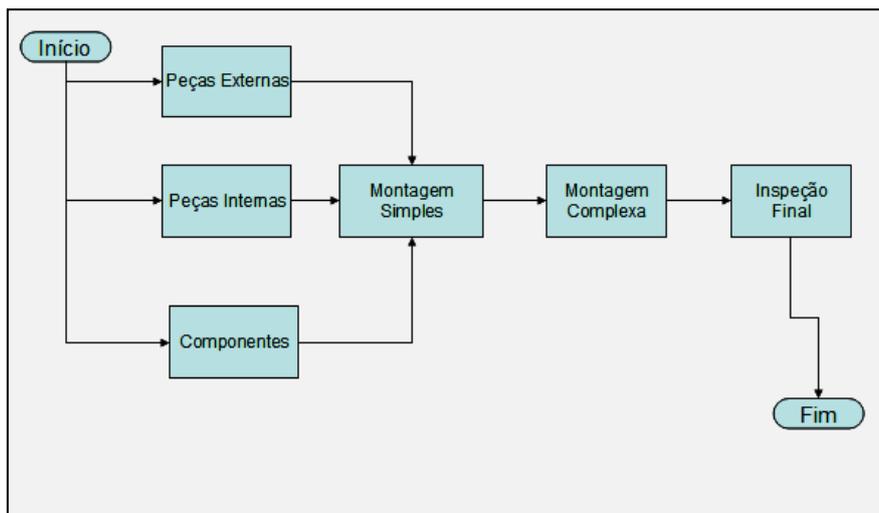
5.4 Resultados da Área 4 – Montagem de Aeronaves Executivas

A área 4 da empresa objeto de estudo realiza a montagem de aeronaves executivas de pequeno porte (até 8 passageiros).

Dentro desta área é realizada a montagem completa da aeronave, deste todo o sistema aviônico, mecânico, interiores e preparação para voo.

A Figura 67 representa o fluxograma das atividades realizadas na área 4.

Figura 67 – Fluxograma das Atividades Área 4



A área 4 é a mais nova dentro da unidade da empresa objeto de estudo, a mesma está em funcionamento há 3 anos e foi montada após o início do programa corporativo de melhoria contínua da empresa.

A área 4 é constituída por 5 células de manufatura, sendo que apenas 2 células contribuíram para a pesquisa, ou seja, o percentual de resposta dos questionários da área foi de 40%.

As células trabalham com a tecnologia de montagem final de aeronaves do segmento executivo, onde é montada toda a estrutura de comandos, componentes das aeronaves e de moveis dos interiores das aeronaves.

Um ponto interessante na área 4 a ser observado, é que as células da mesma entraram em operação com um sistema de PE definido, ou seja, os colaboradores e gestores já possuíam treinamento e conhecimento das práticas de PE, ou seja, já atuaram em outras células da empresa que possui o programa corporativo de melhoria da empresa consolidado.

Os resultados obtidos na área 4 com relação aos 4 contextos abordados do sistema de produção enxuta, com a finalidade de verificar o grau de aderência dos contextos são os seguintes:

- **TQM: 75,88%** - o contexto de gerenciamento da qualidade total obteve um nível de aderência forte por vários fatores como a existência de atividades de inspeção da qualidade, frequente na realização das atividades e no produto fabricado.

A área possui indicadores de qualidade por processo e serve de base para realização de melhorias.

A área trabalha com metodologias e ferramentas de qualidade com a finalidade de resolver os problemas gerados na causa raiz do mesmo, e o uso de *poka-yoke* para os problemas detectados são freqüentes, porém pontos podem ser melhorados como a gestão visual com relação a não conformidades geradas e à autonomia para interromper o processo produtivo quando necessário.

- **JIT: 76,86%** - este contexto também obteve um nível de aderência forte, principalmente em uma célula de manufatura em específico, as práticas de PE com maior aderência dentro do contexto foram gerenciamento visual e integração da cadeia de fornecedores, ambas com 90% de aderência.

Já as menores aderências foram as práticas de PE operações padronizadas e nivelamento da produção com 60% de adesão.

- **HRM: 73,10%** - o gerenciamento de recursos humanos obteve uma aderência forte.

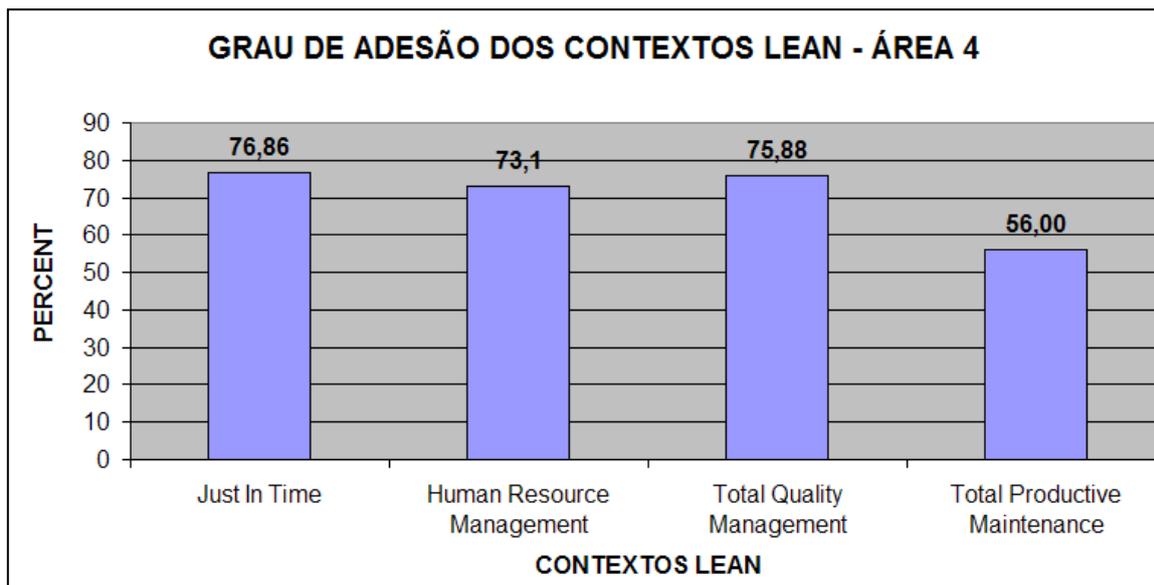
Os pontos que contribuíram para o nível de aderência deste contexto foram o fato de a empresa possuir um programa de treinamento formal para os colaboradores, a existência de grupos preparados para solucionar problemas mais complexos e um ponto já identificado nas áreas anteriores analisadas, que foi o forte envolvimento da alta direção no programa de melhoria contínua da empresa.

- **TPM: 56%** - o contexto de manutenção produtiva total obteve um nível de aderência regular, sendo que o contexto dentro da área 4 com o menor nível de aderência. Itens como a falta de um plano de ação para as causas ineficientes identificadas nas máquinas por meio do *check list* de TPM e a dificuldade de aplicar essa metodologia pelos colaboradores devido ao fato do treinamento aplicado pela empresa ser breve e superficial para uma ferramenta tão específica e complexa.

Os contextos analisados obtiveram um nível de aderência entre eles muito próximos, exceto o contexto TPM com 56%. Este acontecimento se deve pelo fato das células de manufatura ter começado suas atividades no mesmo período, por isso a evolução dos contextos ocorre em paralelo.

A Figura 68 mostra o gráfico com o nível de aderência dos contextos de produção enxuta analisados na área 4.

Figura 68 - Gráfico do Grau de Adesão dos Contextos Lean na Área 4.



Os níveis de aderência das PE enxuta da área 4 contidos dentro de cada contexto analisado acima também foram verificados e os resultados são descritos a seguir:

Produção Puxada: 74,50% – esta prática de PE obteve um nível de aderência forte dentro da área 4. Porém existe uma grande diferença da aderência desta prática entre as duas células de manufatura analisadas, sendo que a célula 1 possui um nível melhor e com vários pontos fortes como a entrega do produto acabado para o cliente no prazo, dispositivos visuais que auxiliam a produção e o controle de produção a tomar decisões rápidas e eficientes quanto ao processo produtivo, arranjo físico dos postos de trabalho facilita as atividades e pagamento de material e um fluxo contínuo de materiais e produtos bem definidos dentro da célula. No entanto na célula 2 o cenário é diferente com falta de dispositivos visuais para auxílio da produção e itens defeituosos sendo passados para o processo produtivo subsequente e cartões *kanbans* com falta de informação sobre os materiais.

Integração da Cadeia de Fornecedores: 77,5% – o nível de aderência desta prática de PE é forte, com destaque para a célula 1 com fornecedores chave que asseguram a qualidade de seus produtos e entregas puxadas, ou seja, com estoques mínimos. Na célula 2 existem pontos a serem melhorados como a entrega dos fornecedores que não ocorrem de maneira puxada, mas sim empurrada. Nesta prática de PE a célula de manufatura 1 apresentou uma adesão mais forte do que a célula de manufatura 2.

Operações Padronizadas: 72% – esta prática de produção enxuta apresentou uma aderência forte na área 4, pois existe trabalho padronizado, as atividades possuem tempos pré-estabelecidos e disponibilizados para os operadores, e os operadores participam ativamente da

elaboração do trabalho padrão das células de manufatura. Um ponto a ser melhorado é a atualização dos trabalhos padronizados (revisão), que atualmente não ocorre conforme critério estabelecido pelo programa de melhoria contínua da empresa. Como já verificado em práticas de PE já analisadas na área 4 novamente a célula de manufatura 1 obteve uma aderência melhor do que a célula de manufatura 2.

Nivelamento da Produção: 67,5% – a aderência da prática de nivelamento da produção está em um nível forte, pois existe uma produção programada no período de 5 a 30 dias, já o ponto a ser melhorado fica por conta da visibilidade da programação da produção para um período de 30 a 90 dias que não é confiável e podem ocorrer mudanças no planejamento. A célula 1 possui uma aderência maior da prática do que a célula 2 conforme já analisado nas práticas anteriores.

Balanceamento da Produção: 85% – o nível de aderência desta prática de PE foi considerado muito forte, sendo esta prática a de maior aderência dentro da área 4. Nas duas células de manufatura analisada a prática de PE obteve uma aderência muito forte, isto se deve pelo fato das mesmas ter o balanceamento total dos tempos de execução das atividades em cada posto de trabalho e o tempo de ciclo produtivo das linhas e células ser balanceados de acordo com o *Takt time* vigente na produção.

Troca Rápida de Ferramenta: 73,35% – esta prática de PE obteve um nível de aderência forte dentro da área 4. A célula de manufatura 1 obteve um nível de aderência maior do que a célula de manufatura 2. Os pontos que contribuíram para este nível de aderência foram que na atividade de *setup* as peças pesadas são movimentadas de forma rápida e seguras sem a necessidade da movimentação ser realizada manualmente e são realizados estudos de redução de *setup* freqüentemente pelas células e as soluções são simples e eficientes.

Gerenciamento Visual: 82,5% – esta prática obteve uma aderência muito forte na área 4. Os pontos que merecem destaque são a atuação do programa 5S com os itens limpos e identificados dentro das células, as informações sobre a realização das atividades é visual em cada posto de trabalho e existe quadro de gestão visual onde os indicadores e metas das células e área são divulgados para os colaboradores.

Mapeamento de Fluxo de Valor: 82,5% – o nível de aderência desta prática é muito forte, as células e a área utilizam o mapeamento de fluxo de valor para identificar oportunidades de melhorias sendo que todos os processos são mapeados nas células de manufatura e existem os mapas do estado atual e futuro com um plano de ação para as oportunidades de melhorias identificadas com prazo e responsável para cada uma delas.

Flexibilização da Mão de Obra: 73,10% – esta prática de PE obteve um forte nível de aderência, principalmente por alguns pontos relevantes como a existência de programa de treinamento corporativo para os colaboradores, oportunidades dos colaboradores desenvolverem suas habilidades multifuncionais por intermédio de rodízios das atividades realizadas pela gestão e o apoio por parte da direção ao programa de melhoria contínua com visitas mensais as células de manufatura. A célula de manufatura 1 obteve um índice de aderência maior do que a célula de manufatura 2, este resultado já foi constatado em análises anteriores de práticas de PE dentro da área 4.

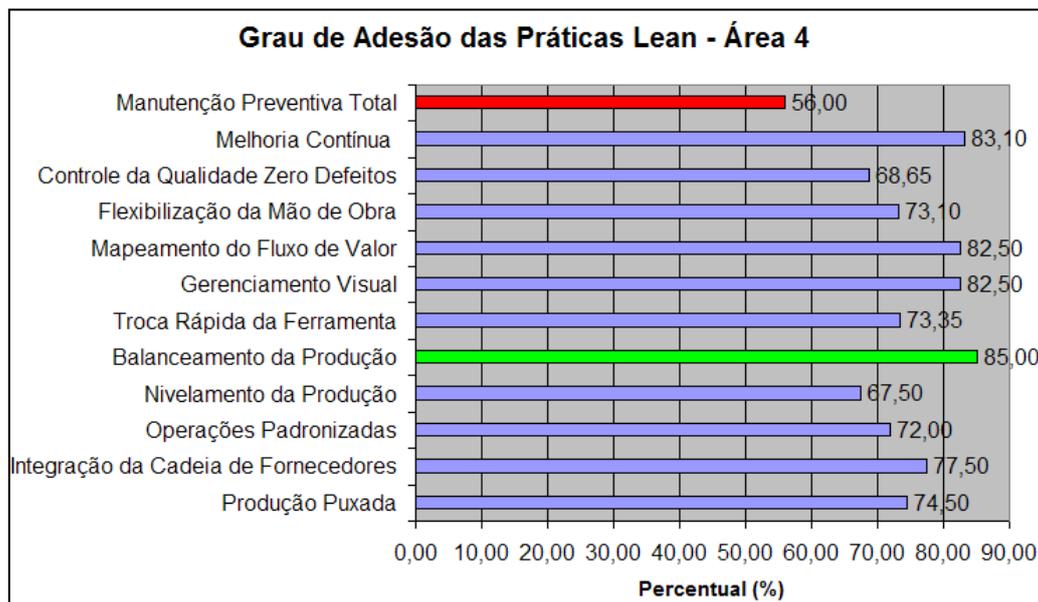
Controle da Qualidade Zero Defeitos: 68,65% – o nível de aderência desta prática que contempla o defeito zero foi considerado forte, pelo fato das células utilizarem métodos e ferramentas da qualidade para identificar as causas – raiz dos problemas gerados no processo, existe documentação específica e detalhada com relação à qualidade do produto disponível e atualizada no momento da manufatura do mesmo e inspeção em 100% dos itens produzidos antes da entrega para os clientes. Porém existem vários itens quanto a prática em questão que necessita de melhora principalmente na célula de manufatura 2, como o alto índice de retrabalho, alto tempo na tomada de ação para problemas identificados na linha e baixa autonomia por parte do operador para parar o processo produtivo quando ocorre um problema de qualidade.

Melhoria Contínua: 83,10% – a aderência desta prática de PE foi forte, com destaque para pontos como eventos *kaizen* realizados nas células de manufatura periodicamente, geração de lições aprendidas por meio de padronização e documentação de problemas acontecidos, utilização de ferramentas de qualidade para solucionar problemas e metas claras e divulgadas com relação ao programa de melhoria contínua. Nesta prática de PE a célula de manufatura 2 encontra-se com um índice de aderência maior que célula de manufatura 1.

Manutenção Produtiva Total: 56% – esta prática de PE obteve um nível de aderência regular sendo o menor dentre todas as práticas analisadas na área 4. Conforme já identificado em áreas analisada anteriormente, o treinamento aplicado aos colaboradores, novamente foi mencionado com um dos fatores principais para o baixo nível de aderência da prática de TPM. Esta prática é complexa e requer um treinamento especializado e mais aprofundado para os colaboradores poderem aplicar a metodologia de forma adequada e eficiente, porém outros fatores contribuíram para este resultado como a falta de um plano de ação no formado de projetos de melhoria a partir dos dados coletados do OEE das máquinas, e a falta de um método de manutenção adequado para cada máquina com base em seus modos de falha previstos.

A Figura 69 mostra o gráfico que demonstra o nível de aderência de cada prática de PE analisada na área 4 da empresa objeto de estudo.

Figura 69 - Gráfico do Grau de Adesão das Práticas de PE na Área 3.



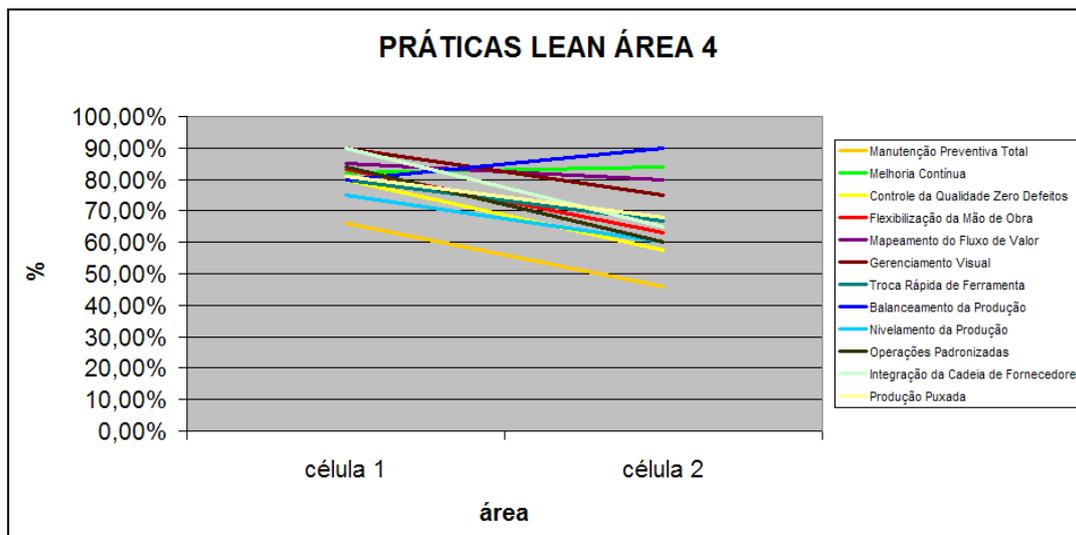
Após a aplicação do questionário em duas células de manufatura da área 4 o que corresponde a um percentual de 50% (baixo) de respostas não é possível que concluir qual o nível real de aderência das práticas de produção em toda a área 4, porém algumas conclusões podem ser realizadas como:

- a evolução das práticas de PE está acontecendo conjuntamente entre elas, isto se deve pelo fato das células terem iniciado as atividades de melhoria contínua ao mesmo tempo.

- a célula de manufatura 1 encontra-se com as práticas de PE com níveis de aderência um pouco maiores com relação a célula de manufatura 2, isto ocorre pelo fato da célula 2 estar próxima do final do processo produtivo da área 4, em que os problemas são mais frequentes e mais complexos de serem solucionados e os atrasos e mudanças nos planejamento de produção são constantes.

O gráfico da Figura 70 realiza a comparação entre os níveis de aderência das práticas de PE entre a célula de manufatura 1 e 2.

Figura 70 - Gráfico de Adesão das Práticas PE nas Células da Área 4



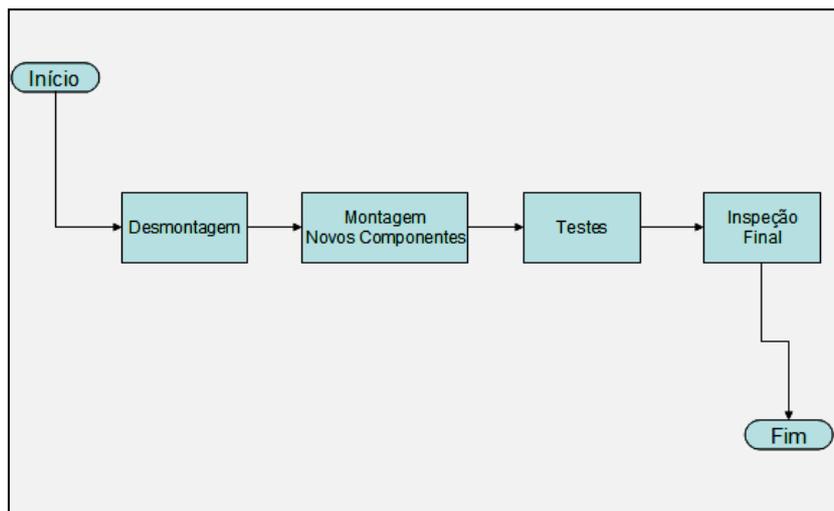
O gráfico nos mostra que a célula de manufatura 1 apresenta melhores índices de aderência das práticas de produção enxuta com relação a célula de manufatura 2.

A célula de manufatura 2 possui duas práticas de PE com níveis de aderência melhores que a célula 1, que são as práticas de balanceamento da produção e melhoria contínua, isto se deve pelo fato da célula 2 estar tentando se equipar aos níveis da célula 1 e adotou como estratégia começar pelas práticas de PE que trarão resultados mais significativos e em curto espaço de tempo.

5.5 Resultados da Área 5 – Montagem e Modernização de Aeronaves Militares

A área 5 trabalha com a tecnologia de montagem final e modernização de aeronaves militares, na qual é montado estrutura de comandos de vôo, sistemas eletrônicos entre outros. A Figura 71 representa o fluxograma das atividades realizadas na área 5.

Figura 71 – Fluxograma das Atividades Área 5



A área 5 é composta por 5 células de manufatura, na qual o percentual de respostas das células foi de 100%, ou seja, todas as células contribuíram para a pesquisa realizada. A área 5 é mais antiga da unidade em estudo, é também onde está localizada a mão de obra com maior tempo de trabalho na unidade.

Nesta área foi verificado o nível de aderência dos contextos *Lean* e também o nível de aderência das práticas de PE inseridas dentro de cada contexto.

Os resultados obtidos na área 5 com relação aos 4 contextos abordados do sistema de PE, com a finalidade de verificar o grau de aderência dos contextos são os seguintes:

- **TQM: 76,65%** - o nível de aderência do contexto *Lean* de gestão da qualidade total foi considerado como forte pelos seguintes aspectos, a existência de inspeção de 100% dos itens produzidos, realização de auditorias periódicas com relação à qualidade por órgãos homologadores externos e internos.

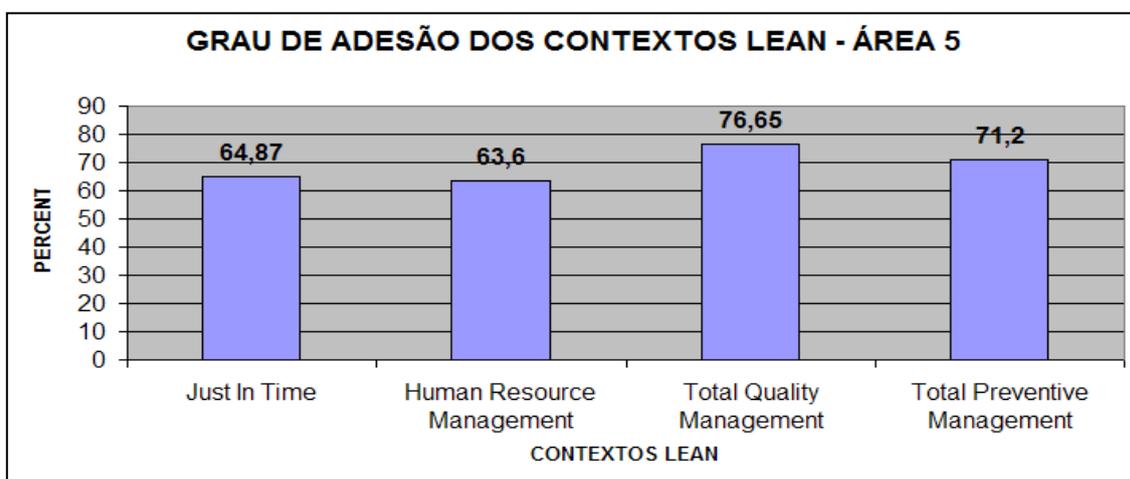
- **JIT: 64,89%** - o contexto apresentou um nível de aderência forte, sendo que os pontos mais relevantes são o gerenciamento visual voltado ao abastecimento e fluxo de materiais e as operações padronizadas que auxiliam em um fluxo de pagamento de materiais mais eficientes. Porém a integração da cadeia de fornecedores é complexa de difícil realização, pois existe uma grande quantidade de fornecedores que estão localizados geograficamente distantes da unidade e a compra destes materiais geralmente são realizados pelas empresas que compram o serviço e não pela empresa executante do mesmo.

- **HRM: 63,6%** - o nível de aderência do contexto é considerado forte, sendo que a área proporciona atividades de *job rotation* possibilitando um desenvolvimento individual dos colaboradores, existem equipes de trabalho para realizar as atividades em conjunto, a empresa apresenta um programa formal de treinamento em que os colaboradores recebem treinamento

para desempenhar e desenvolver as atividades de maneira adequada. Apesar do nível de aderência do contexto ter sido considerado forte o mesmo ficou com o menor índice dentre os 4 contextos *Lean* avaliados na área 5.

- **TPM: 71,2%** - este contexto apresentou um forte nível de aderência dentro da área 5, pelo fato de existir nas células manutenções preventivas e preditivas do equipamento e os colaboradores da área são capacitados a realizarem manutenção autônoma (inspeções diárias, limpeza, lubrificação) dos equipamentos e ferramentas de trabalho com auxílio do *check list* de manutenção. Portanto um item a ser melhorado é a coleta de OEE dos equipamentos, pois os dados são coletados e não resulta em ações para melhorar a produtividade dos mesmos de acordo com a Figura 72.

Figura 72 - Gráfico do Grau de Adesão dos Contextos Lean na Área 5



Os níveis de aderência das práticas de PE da área 5 contidos dentro de cada contexto analisado acima também foram verificados e os resultados apontados foram:

Produção Puxada: 64,7% – esta prática de PE obteve um nível de aderência considerado forte devido a alguns pontos identificados que contribui isto é o *Takt Time* dos produtos serem conhecidos, todas as ordens de produção correspondem a produtos firmes de clientes, o arranjo físico dos postos de trabalho facilita o abastecimento de materiais e as células possuem um arranjo produtivo que favorece a produção puxada.

Integração da Cadeia de Fornecedores: 50% – a prática de PE em questão obteve um nível de aderência regular, sendo o menor da área 5. Isto se deve pelo fato da área sofrer constantemente com falta de equipamentos para realizar as atividades devido aos vários fornecedores estarem localizados distantes da unidade e a compra dos mesmos serem feitas pelas empresas que solicitam a aeronave e não pela empresa que presta os serviços.

Operações Padronizadas: 71,2% – o nível de aderência desta prática de PE foi considerado forte devido à área possuir atividades do processo padronizadas e disponibilizadas para os colaboradores próximos às atividades, os colaboradores participam da atividade de padronização das operações e a área possui o *Takt Time* e o tempo de ciclo das células padronizado. Um ponto a ser melhorado na prática de produção é a revisão dos trabalhos padronizados, que não possuem uma frequência definida e seguida por todos.

Nivelamento da Produção: 62% – a prática apresentou uma aderência considerada forte pelo fato de existir uma programação e visibilidade definida para o horizonte de 5 a 15 dias, porém a área não consegue ter uma programação e visibilidade formada para o horizonte de 30 a 90 dias por motivos diversos como falta de material ou mudança de prioridade solicitada pelo cliente final.

Balanceamento da Produção: 62% – o nível de aderência desta PE enxuto foi forte dentro da área 5, devido aos postos de trabalho possuir as atividades balanceadas, assim como o tempo de ciclo das células de manufatura também.

Troca Rápida de Ferramenta: 62,6% – a prática de PE, a TRF obteve um nível de aderência forte na área 5, pelo fato de ter as atividades de *setups* interno e externos identificados nos processos, há espaço nos postos de trabalho para facilitar a movimentação dos operadores no momento do *setup* e as peças pesadas são movimentadas por dispositivos próprios e não manualmente, porém há pontos a serem melhorados como máquinas e ferramentas encontram-se distantes dos operadores elevando o tempo de *setup* das células de manufatura da área 5.

Gerenciamento Visual: 77,5% – esta prática obteve um nível de aderência forte dentro da área 5. Os pontos de destaque foram identificação e limpeza dos itens das células por meio do programa 5S, placas e corredores identificados na área, as informações sobre indicadores relevantes à produção são facilmente disseminadas por meio do quadro de gestão visual das células de manufatura. O ponto a ser melhorado dentro desta prática de PE é a falta de gerenciamento visual que forneça um *feedback* rápido aos operadores com relação à resolução de problemas por parte das áreas de apoio.

Mapeamento de Fluxo de Valor: 69% – o nível de aderência desta prática foi considerado forte, pois as células possuem o mapeamento do processo como fonte de oportunidade de melhoria, existe um mapa do estado atual e futuro dos processos, e os planos de ações são contemplados em partes pelos membros da célula.

Porém as células não realizam o desenvolvimento do fluxo de valor com representantes de seus clientes e fornecedores, e o mapeamento se restringe a um fluxo de valor porta a porta, ou seja, somente dentro da área de manufatura.

Flexibilização da Mão de Obra: 63,8% – a prática obteve um nível de aderência forte dentro da área 5, porém alguns pontos necessitam ser melhorados como a rotatividade dos funcionários com o intuito de desenvolvê-los e a falta de um programa formal de *job rotation*. Os pontos satisfatórios com relação a esta prática são programa de treinamento teórico para os colaboradores se desenvolverem e a criação de equipes de trabalho para realizar atividades, fortalecendo o trabalho em grupo.

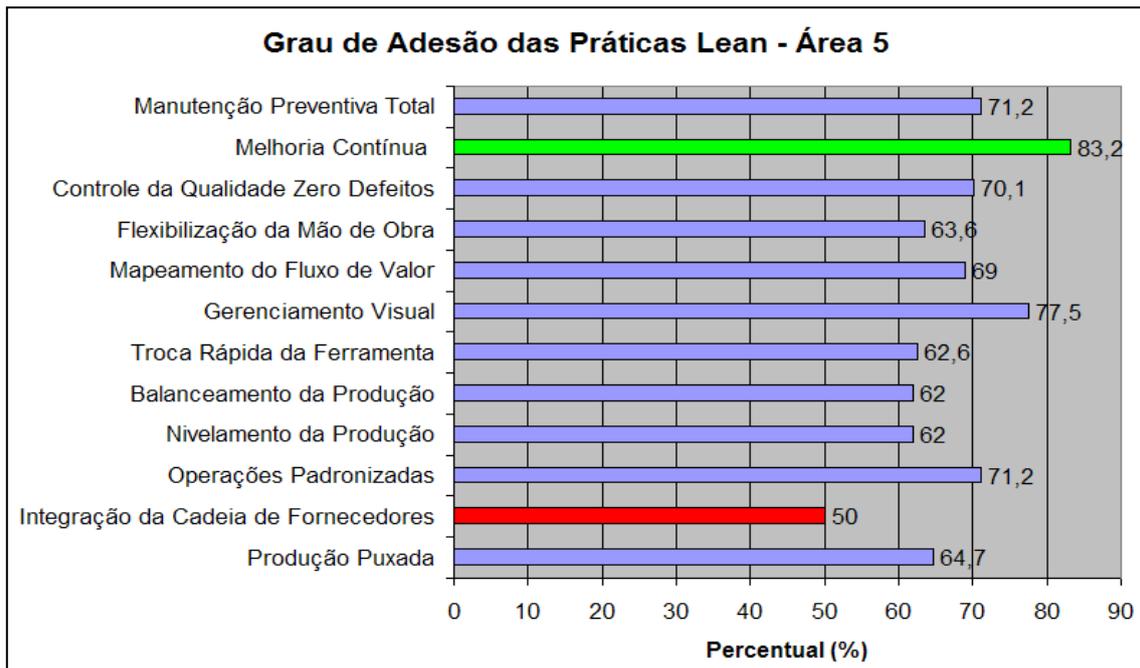
Controle da Qualidade Zero Defeitos: 70,1% – esta prática de gestão da qualidade zero defeito obteve uma aderência forte dentro da área devido a alguns pontos relevantes como identificação e solução de causa-raiz dos problemas por meio de ferramentas da qualidade (análise de causa raiz), os documentos corporativos apresentam especificações claras sobre a qualidade dos produtos e processos e auditorias da qualidade são freqüentes nos processos produtivos. Contudo existe um ponto a ser melhorados dentro da prática que é a falta de sinalizadores (andôns) nos processos produtivos para indicar a necessidade de auxílio com relação à qualidade.

Melhoria Contínua: 83,2% – esta prática de PE foi a que apresentou a melhor aderência com um nível muito forte dentro da área 5. Este alto nível de aderência é devido à área trabalhar com ferramentas estruturadas para análise e resolução dos problemas como Ishikawa, *Brainstorming* e 5W2H, possuir um programa de melhoria contínua, corporativo estruturado, as melhorias realizadas são padronizadas e os colaboradores da área são treinados e capacitados com os conceitos e filosofia de PE.

Manutenção Produtiva Total: 71,2% – o nível de aderência desta prática foi considerado forte, porém com muitos pontos a serem melhorados como o conhecimento e utilização do OEE por parte dos colaboradores, operadores não são capacitados de maneira adequada para realizar manutenção preventiva nas máquinas e equipamentos da área e a falta de um método de manutenção definido para cada máquina com base em seus modos de falha prevista.

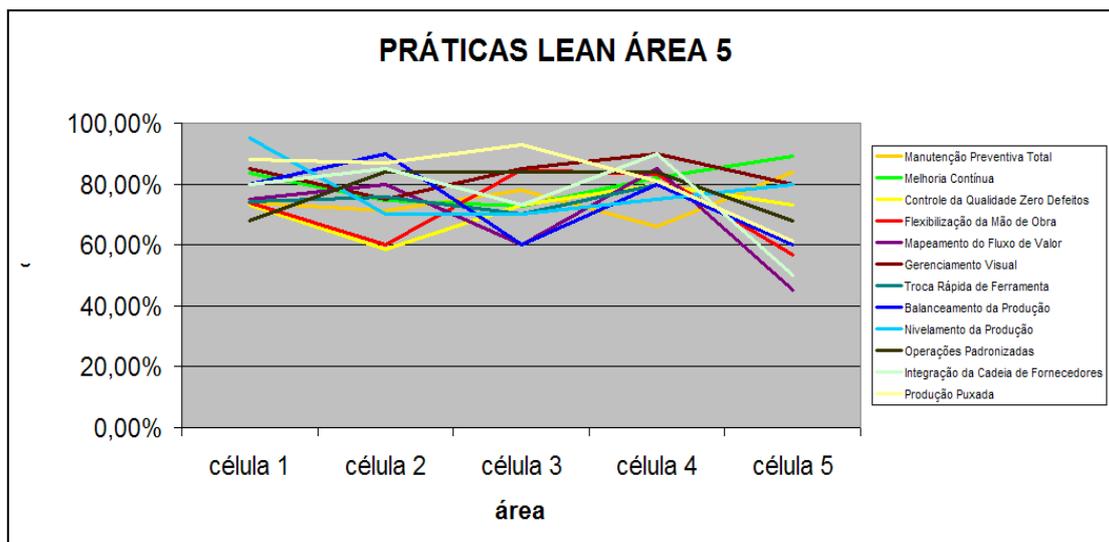
A Figura 73 mostra o gráfico que demonstra o nível de aderência de cada prática de PE analisada na área 5 da empresa objeto de estudo.

Figura 73 - Gráfico do Grau de Adesão das Práticas de Produção Enxuta na Área 5.



A área 5 obteve um percentual de resposta de 100% do questionário, ou seja, todas as células de manufatura responderam o questionário da pesquisa. Com todos os questionários respondidos e os dados analisados pode-se concluir que a área 5 obteve um nível de aderência dos contextos *Lean* e das práticas de produção enxuta satisfatório, porém foi a área que menor adesão obteve dentre as demais analisadas na unidade da empresa objeto de estudo. As células de manufatura não apresentam uma uniformidade com relação à aderência das praticas de PE conforme demonstra o gráfico da Figura 74.

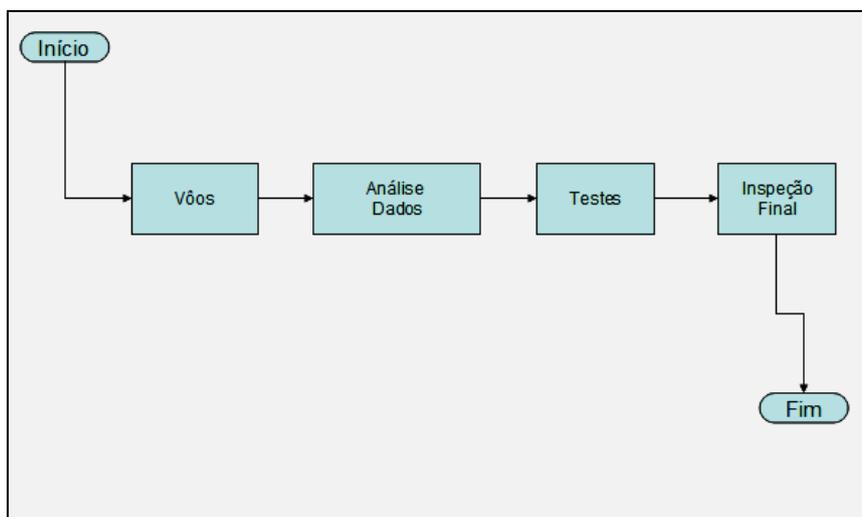
Figura 74 - Gráfico de Adesão das Práticas PE nas Células da Área 5



5.6 Resultados da Área 6 – Ensaio em Vôo

A área 6 da unidade da empresa objeto de estudo é formada por uma célula que trabalha com a tecnologia de ensaio em vôo em aeronaves. A área realiza ensaios em vôo em aeronaves dos segmentos comerciais, executivos e de defesa. A mão de obra desta área possui um conhecimento técnico muito forte em sistemas eletro-eletrônicos, aviônicos, sistemas de comandos hidráulicos e mecânicos. A Figura 75 representa o fluxograma das atividades realizadas na área 6.

Figura 75– Fluxograma das Atividades Área 6



O programa de melhoria começou a ser implantado na área em meados de 2009 tendo como foco melhorar os processos de ensaio das aeronaves e reduzir custos com foco na qualidade dos serviços realizados.

Nesta área o percentual de resposta do questionário foi de 100% o que possibilitou uma análise e conclusão mais concreta e assertiva sobre o nível de aderência dos contextos *Lean* e das práticas de PE.

Os resultados obtidos na área 6 com relação aos 4 contextos abordados do sistema de PE, com a finalidade de verificar o grau de aderência dos contextos são os seguintes:

- **TQM: 88,15%** - este contexto *Lean* apresenta um nível de aderência muito forte dentro da área 6. O TQM foi o contexto com a maior aderência dentre os 4 contextos *Lean* avaliados. Esta aderência se deve pelo fato da área possuir indicadores de processos e resultados bem definidos e monitorados, apoio da direção e gerência no programa de melhoria contínua e os membros utilizam as ferramentas de qualidade para solucionar problemas ocorridos no processo de ensaio das aeronaves.

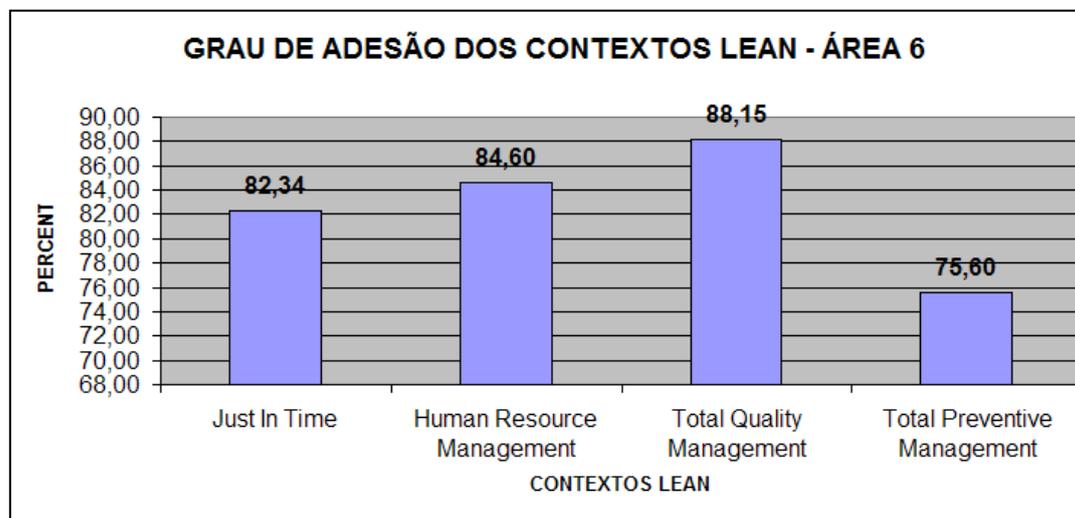
- **JIT: 82,34%** - o nível de aderência deste contexto é muito forte com destaque operações de abastecimento e movimentação de materiais padronizados e fornecedores chave que garantem a qualidade assegurada de seus produtos. Um ponto a ser melhorado neste contexto é a prática de PE, a TRF que apresentou dificuldades de entendimento e aplicação por parte dos operadores devido ao treinamento aplicado não condizer com a realidade do processo.

- **HRM: 84,6%** - este contexto *Lean* também apresenta um nível de aderência muito forte, devido à área possuir um índice de multifuncionalidade alto (80%) dos colaboradores, possuem grupos de resolução de problemas técnicos treinados e capacitados, as equipes apresentam tendência de ser auto dirigidas do ponto de vista de tomar decisões importantes.

- **TPM: 75,6%** - o nível de aderência do TPM foi forte na área 6, porém se apresenta como o contexto *Lean* de menor aderência dentro da área, o motivo é o mesmo identificado em outras áreas já avaliadas, o treinamento superficial sobre uma metodologia tão importante, complexa e fundamental para a área.

A Figura 76 mostra o gráfico com o nível de aderência dos contextos de PE analisados na área 6.

Figura 76 - Gráfico do Grau de Adesão dos Contextos Lean na Área 6



Os níveis de aderência dos contextos *Lean* JIT, TPM, HRM e TQM apresentado dentro da área 6 foram os maiores dentre todos os analisados na unidade da empresa objeto de estudo. Outro ponto a ser notado é a baixa variabilidade de entre os contextos, exceto a prática de PE, o TPM que está com um nível de aderência de 75,6%.

Os níveis de aderência das práticas de PE da área 6 contidos dentro de cada contexto analisado também foram verificados e os resultados apontados foram:

Produção Puxada: 85,7% – esta prática de PE obteve uma aderência muito forte na área 6 pelo fato de atender os prazos acordados com os clientes na realização dos serviços, os recursos (pessoas e ferramentas) são dimensionados para atender o ciclo das atividades e o tempo de ciclo das atividades é conhecido por todos e padronizado pela área.

Integração da Cadeia de Fornecedores: 80% – o nível de aderência desta prática foi muito forte, devido à área 6 possuir fornecedores que adotam técnicas que asseguram a qualidade de seus produtos dispensando a necessidade de inspeção de qualidade no momento do recebimento. Um ponto importante a ser mencionado é que a área 6 possui colaboradores de seus fornecedores dentro da mesma, o que possibilita solucionar problemas técnicos rapidamente.

Operações Padronizadas: 88% – a aderência desta prática foi muito forte, pois a área possui rotina padronizada para todas as operações, as folhas de rotina padrão existentes na área é revisado e atualizado com uma frequência determinada, os colaboradores participam na elaboração das folhas de rotina e, as mesmas permanecem em locais de fácil acesso à consulta dos colaboradores.

Nivelamento da Produção: 90% – a prática de PE nivelamento da produção obteve um nível de aderência muito forte. A prática apresentou uma programação planejada das ordens de serviços a serem realizadas em um horizonte de 90 dias.

Um ponto que necessita de melhoria nesta prática de PE é a alta variação nas ordens de serviços emergenciais que surge com frequência na área.

Balanceamento da Produção: 100% – o nível de aderência desta prática de PE foi o maior dentro da área 6, pois apresentou os tempos de ciclos das células totalmente balanceados, assim como os tempos de ciclos das ordens de serviços existentes.

Troca Rápida de Ferramenta: 50% – esta prática de produção enxuta obteve um nível de aderência regular e foi o menor da área. Isto se deve pelo fato do treinamento disponibilizado pela empresa ser superficial e não capacitar por completo os colaboradores com relação a esta prática de produção que é muito complexa.

Gerenciamento Visual: 90% – a prática de PE obteve um nível de aderência muito forte por vários motivos como um programa de 5S implantado, e com ferramentas e locais de trabalho identificados e limpos de maneira correta, as informações sobre a área é compartilhado e disseminado para os colaboradores por meio de quadros de gestão visual e os corredores e a grande utilização de dispositivos visuais como placas, faixas no pavimento e alarmes.

Mapeamento de Fluxo de Valor: 75% – o nível de aderência da prática de PE, o VSM foi forte, com destaque para a existência de mapas de fluxo de valor atual e futuro, existe plano

de ação gerado por meio dos pontos de melhorias levantados no mapeamento de fluxo de valor com responsáveis e prazos e elaboração dos mapas de estado atual e futuro em conjunto com representantes de todas as áreas da empresa envolvidas no fluxo de valor. O ponto a ser melhorado nesta prática é a inclusão no fluxo de valor dos fornecedores e não restringir o mapeamento somente à célula.

Flexibilização da Mão de Obra: 84,6% – a prática obteve um nível de aderência muito forte pelo fato da área possuir rodízio de pessoas nas atividades com o intuito de desenvolver o profissional (*Job Rotation*), ter equipes de trabalho formadas e auto dirigidas, apoio por parte da gerência e direção no programa de melhoria contínua e um alto índice de multifuncionalidade dos colaboradores da área.

Controle da Qualidade Zero Defeitos: 83,6% – a aderência desta prática de PE obteve um nível muito forte, pelo fato de existir um baixo índice de retrabalho baixo, há inspeções de qualidade em 100% nas atividades realizadas e a área trabalha com ferramentas de qualidade para solucionar problemas e melhorar os processos.

Melhoria Contínua: 92,7% – o nível de aderência desta prática de PE foi muito forte dentro da área 6 devido a ocorrer com frequência *kaizens*, com duração de 4 a 5 dias onde os membros tentam alcançar de melhorias nas atividades e processos da célula por meio de ferramentas de qualidade como *Brainstorming*, diagrama de Ishikawa, gráfico pareto, entre outros.

Manutenção Produtiva Total: 75,6% – a prática obteve um nível de aderência forte, por existir um programa de manutenção autônoma, as atividades de manutenção são padronizadas com *check list* para orientar os colaboradores no momento da atividade e a área opta por manutenções preventivas ao invés de corretiva. Um ponto a ser melhorado é o treinamento de TPM aplicado aos membros da área, pelo fato do mesmo não capacitar às pessoas para detectarem anormalidades nas máquinas e equipamentos utilizados no trabalho. Este ponto de melhoria também foi detectado em outras áreas avaliadas.

A Figura 77 mostra o gráfico que demonstra o nível de aderência de todos os PE analisada na área 6 da empresa objeto de estudo.

A área 6 obteve um nível de aderência das práticas de PE e dos contextos *Lean* muito satisfatório, com destaque para o contexto TQM com a maior aderência dentre os contextos e para a prática a de balanceamento da produção que atendeu todos os requisitos da pesquisa dentro da área.

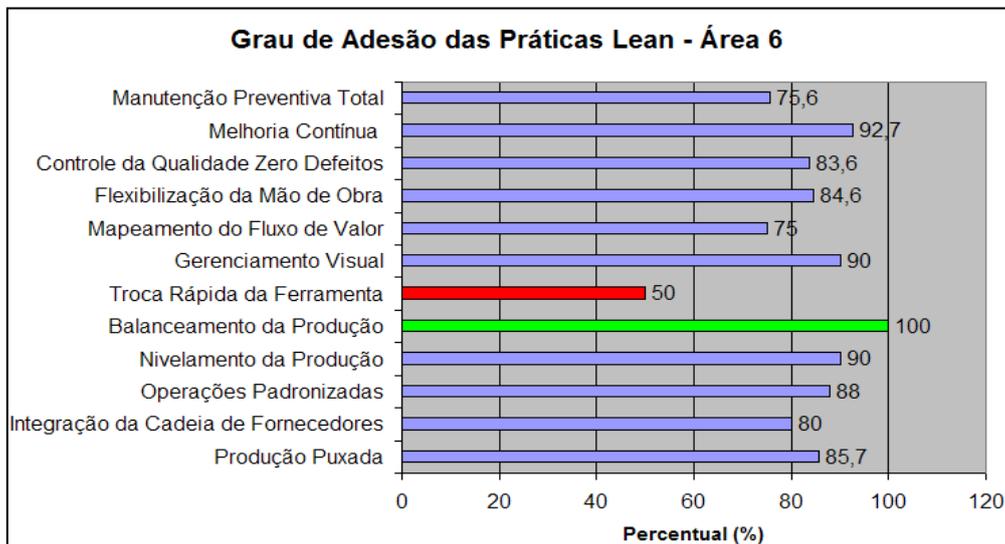
Na análise da área 6 foram detectados os mesmos pontos de atenção do que nas outras áreas analisadas como o TPM como sendo o contexto de menor aderência devido ao treinamento não contemplar uma carga de conhecimento adequada os colaboradores, o que cabe também a prática de produção enxuta TRF com o mesmo tipo de falha detectada.

A qualidade dos serviços realizados na área 6 contribuirá muito para os excelentes níveis de aderência da área.

Nesta área o programa de melhoria da empresa foi incorporado e absorvido de forma muito rápida e eficiente pelos membros da célula o que ajudou nos resultados da área em geral.

A Figura 77 mostra o Grau de Adesão das Práticas de Produção Enxuta na Área 3.

Figura 77 - Gráfico do Grau de Adesão das Práticas de Produção Enxuta na Área 3.



6 Análise de Resultados

Retomando o objetivo proposto para o presente trabalho que foi o de realizar a verificação do nível de aderência dos contextos e práticas de produção enxuta em uma empresa do segmento aeronáutico e constatar se ocorrem diferenças significativas de aderência dos contextos e das práticas dentro da empresa objeto de estudo em geral.

São 6 áreas que compõem o estudo de aderência das práticas enxutas da empresa objeto do estudo:

1. Área 1 – Montagem estrutural;
2. Área 2 – Fabricação de móveis;
3. Área 3 – Pintura;
4. Área 4 – Montagem de aviação executiva;
5. Área 5 – Defesa;
6. Área 6 – Ensaio em vôo.

Para estas 6 áreas foram avaliadas um número de 12 PE, sendo verificado o percentual de adesão geral de cada área e PE, conforme demonstra a Tabela 9.

Tabela 9 – Tabela de percentual de adesão das práticas enxutas por áreas

PRÁTICAS ENXUTAS	ÁREAS DA EMPRESA						% DE ADEÇÃO DAS PRÁTICAS
	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4	ÁREA 5	ÁREA 6	
1 - PRODUÇÃO PUXADA E FLUXO CONTÍNUO	81,7	87	92,9	74,5	64,5	85,7	81,1
2 - INTEGRAÇÃO DA CADEIA DE FORNECEDORES	75,7	85	73,3	77,5	50	80	73,6
3 - OPERAÇÕES PADRONIZADAS	77,5	84	84	72	71,2	88	79,5
4 - NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO	80,6	70	70	67,5	62	90	73,4
5- BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO	78,8	90	60	85	62	100	79,3
6- TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (TRF)	72,1	75,6	70	73,3	64,8	50	67,6
7 - GERENCIAMENTO VISUAL	85,5	75	85	82,5	77,5	90	82,6
8 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)	82,5	80	60	82,5	69	75	74,8
9 - FLEXIBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA	77,7	60	84,6	73,1	63,8	84,6	74,0
10 - CONTROLE DA QUALIDADE ZERO DEFEITOS (CQZD)	80,5	58,7	73,3	68,7	68,8	83,6	72,3
11 - MELHORIA CONTÍNUA	88	74,5	72,7	83	83,5	92,7	82,4
12 - MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (MPT)	77,7	71,1	78	56	69,1	75,6	71,3
% DE ADEÇÃO DAS ÁREAS	79,9	75,9	75,3	74,6	67,2	82,9	

De acordo com os dados sumarizados na Tabela 9, a área 1 é uma das áreas com maior aderência das práticas enxutas juntamente com a área 6. O resultado obtido é reflexo do histórico da área quanto à sua gestão voltada às práticas *Lean Manufacturing* anterior ao projeto *Lean* desenvolvido na empresa. Anterior ao projeto a área pertencia a um fornecedor japonês e sua operação era realizada com base nos princípios *Lean Manufacturing* e na aplicação das práticas se tornando uma vantagem para o desempenho do processo de implantação das práticas. Nesse caso restrições relacionadas à cultura organizacional, conhecimento das práticas e a aplicação das mesmas não foram diagnosticados no estudo.

De acordo com a Tabela 9, a área 2 também teve boa aderência das práticas com exceção das práticas 9 e 10. É importante ressaltar que a operação é realizada artesanalmente com forte dependência da mão de obra no processo. No caso da Flexibilização de mão de obra é natural que essa prática não atenda por completo os requisitos de operação do *Lean Manufacturing*, embora deva ser ressaltado que a área demonstra um forte avanço na aplicação das práticas com resultados pontuais significativos. É possível adequar à flexibilidade da mão de obra, o que pode ser alcançado com o tempo em função do trabalho já desenvolvido devendo haver uma maior ênfase na documentação dos processos a fim de tornar as instruções de trabalho mais detalhadas para o grupo de colaboradores da área. Quanto à prática 10 o controle da qualidade tem a forte influência de atuar em uma área que é o cartão de visita do produto, pois como na pintura é visível e o cliente no processo de inspeção e liberação do produto é sempre o foco principal da liberação. Cabe avaliar pontualmente os principais pontos a melhorar de modo a minimizar os desvios do zero defeito que essa prática requer.

A área 3 sofre forte influência quanto ao recebimento do produto da área anterior para a execução do processo de pintura o que gera restrições a prática 5 balanceamento da produção inibindo um fluxo regular. Quanto à prática 8 a alteração de plano em função do recebimento das áreas fornecedora induz a área a manter pronto atendimento ao produto oriundo do processo anterior sem dar a devida atenção a um mapeamento efetivo a fim de adequar seu fluxo.

A área 4, a qual demonstrou restrições à aplicação das práticas 4, 10 e 12, demonstra na operação problemas relacionados ao projeto do produto quanto a adequação do processo de montagem de alguns componentes de acabamento do produto especificamente. Esse fato está relacionado a montagem do componente o qual no caso de novos produtos a engenharia realiza alterações do projeto durante o processo de montagem o que dificulta no período de amadurecimento do processo a definição de instruções de trabalho de montagem e padronização. Embora esse tipo de ocorrência tenda a diminuir à medida que o projeto do produto é revisado causa problemas na manutenção do fluxo de produção como projetado no início do processo de execução do produto. Além da adequação do processo de montagem em função do ajuste de alguns componentes na montagem há problemas no abastecimento dos componentes por parte dos fornecedores quanto aos prazos acordados de acordo com o plano de montagem do produto além de uma equipe nova no processo, oriunda de outras áreas da empresa com pouca experiência no processo, é relevante levar em consideração que o produto montado é um novo projeto.

No entanto, a prática 4 nivelamento da produção é prejudicada por constantes interrupções da linha devendo ser dado maior ênfase ao mapeamento do fluxo de valor e treinamento da mão de obra a partir da revisão e adequação das instruções de trabalho e dos componentes de montagem quanto a ajustes pontuais dos encaixes.

A prática 10 como consequência tem baixa aderência em função do alto índice de retrabalho. Contudo, por se tratar de um processo de mão de obra intensiva a prática 12 deve ser adequada a processos e não a máquinas como desenvolvida originalmente na literatura.

A área 5 é a mais crítica mantendo problemas de aderência em 9 práticas. Nessa área há problema, como descrito na literatura, de cultura organizacional em função da idade dos colaboradores, além de problemas específicos de abastecimento inerentes ao tipo de produto que a área produz.

Há também forte dependência de fornecedores externos envolvendo desde a liberação de solicitações de aquisição a adequações de projetos do produto, uma vez que na grande maioria dos casos trata-se de reforma de produtos de outros fabricantes o qual a empresa assume a revitalização desses produtos.

Na área 5 há que se considerar também o perfil de liderança o qual em função da restrição dos colaboradores em dar ênfase ao uso das práticas não está preparada para apoiar o projeto de implantação das técnicas enxutas uma vez que podem ter ocorrido problemas na fase de treinamento e conscientização.

Nesse caso como citado há também problema relacionados ao projeto do produto e projeto dos processos podendo ser contornado a partir de um mapeamento do fluxo de valor mais efetivo. Na área 6 apresenta como a área 1 um excelente desempenho quanto à aderência das práticas, uma vez que a prática 6 não se aplica no ambiente de operação que se trata de ensaios do produto em operação devendo ser avaliado o desempenho e as funcionalidades do produto, não atividade em que a troca rápida de ferramenta possa ser aplicada de modo efetivo.

7. Conclusão

A partir dos resultados, o autor do presente trabalho conclui que, a literatura não aborda de modo mais incisivo a dependência que o sucesso de projetos *Lean Manufacturing* tem de:

1. Projeto do Produto;
2. Projeto do Sistema de Produção e Operações.

De acordo com a abordagem de Shingo (1996), que enfatiza a importância da função processo (estrutura) e da função operação (infra-estrutura) que devem ser compatíveis com o projeto do produto, ou seja, a decisão de se tornar *Lean Manufacturing* antes mesmo do apoio da direção deve ter o entendimento da condição atual da sua estrutura e infra-estrutura e dos projetos dos produtos e do quanto é *Lean* a Engenharia de Produto da empresa. O autor do presente trabalho considera que empresas, como a empresa objeto do estudo, que desenvolvem projetos de produtos próprios deve começar o processo de transformação para o *Lean Manufacturing*. Esse processo passa pela engenharia do produto e pela engenharia de processos ao mesmo tempo e ter claro o quanto a empresa está distante de assumir os princípios enxutos o que requer uma análise mais profunda da sua cultura organizacional e das diferenças internas de cada área quanto ao entendimento e comprometimento do projeto.

A partir desse ponto o apoio da direção passa a ser fundamental, além da identificação da liderança das áreas envolvidas quando ao perfil necessário para apoiar e puxar o projeto sem criar conflitos desnecessários, mas de forma firme e enérgica acompanhar o avanço das mudanças cobrando, motivando e valorizando as conquistas constantemente.

É importante salientar que a maioria dos artigos encontrados na literatura aborda o problema de pesquisa de insucessos dos projetos *Lean Manufacturing* com fatores relacionados à cultura organizacional e influências externas como sindicato e fornecedores.

O presente trabalho conclui que há fatores que superam o escopo desses fatores mencionados anteriormente de modo muito mais intenso e decisivo para o processo de implantação do *Lean Manufacturing*: o perfil dos líderes responsáveis por áreas chave do processo de manufatura, o projeto do produto e o projeto e operação do sistema de produção os quais tem um impacto significativo no processo.

O projeto e operação do sistema de produção representam a infra-estrutura e a estrutura da manufatura que para ser adequado deve atender às especificações técnicas de fabricação do produto que deve ter sido concebido com base nas necessidades do processo de fabricação quanto os recursos de manufatura a serem utilizados como máquinas, mão de obra, dispositivos, ferramentas e mecanismos de movimentação e transporte.

A coordenação desses recursos de modo a garantir um fluxo de produção adequada aos resultados esperados compreende o atendimento aos objetivos de um projeto *Lean Manufacturing*.

Contudo, o perfil dos líderes das áreas chave deve ser de quem estão comprometidos com o processo e apresentam-se capazes de conduzir os trabalhos de acordo com a disciplina e persistência necessárias ao bom andamento do projeto.

8 Gestão do Conhecimento na indústria aeronáutica a partir das hipóteses de Forza (1996) e do Autor do presente trabalho

8.1 Contextualização

A operação da empresa objeto do estudo do setor aeronáutico, no ano de 2009 foi marcada por grandes desafios na busca pelo aumento da eficiência operacional em todas as áreas.

É fato que as operações industriais da empresa sofreram ajustes da capacidade produtiva e ações de melhoria foram incentivadas para o aumento da produtividade, visando adequar-se aos efeitos decorrentes da crise financeira mundial.

Deste modo, inúmeras iniciativas foram implementadas e passaram a compor o processo de transformação da fábrica em suas diferentes frentes de trabalho, como por exemplo, o Programa de Excelência Empresarial Embraer - P3E, Semanas *Kaizen*, Células de Melhoria Contínua, Método 3P (*Production Preparation Process*), entre outras.

Um importante marco de 2009 foi à operacionalização da linha de montagem final dos *E-Jets*, anteriormente feita em um sistema de produção definido como docas de montagem.

Os ganhos com a linha superaram as expectativas iniciais e representaram para a Empresa, além de importante economia de recursos financeiros, uma mudança de conceito na produção de aeronaves com a implementação de todas as ferramentas *Lean Manufacturing* e de gestão da cadeia produtiva.

A redução do ciclo de montagem, do material em processo (*Work in Process*) e da quantidade de não conformidades são exemplos práticos do sucesso da iniciativa da produção em linha dos *E-Jets*. Vale ressaltar que tais metas foram alcançadas com a otimização do uso de ativos existentes e sem impactos no plano de entregas de aeronaves.

A linha de montagem do Phenom 100, por exemplo, em Gavião Peixoto (GPX), atingiu a cadência plena de produção terminando o ano com 97 aeronaves entregues.

Em 2009, mais um produto foi adicionado ao portfólio de aviões executivos com a certificação e entrada em operação do Phenom 300, também produzido na linha de montagem de GPX, o qual teve sua cadência de produção ampliada ao longo de 2010.

Como parte do projeto de adequação do nível de produtividade realizado no ano de 2008 na área de automação, em 2009 novos projetos foram implementados visando aumento de produtividade, eficiência operacional e melhorias de qualidade.

Na linha de junção dos *E-Jets* foi adicionado o robô de furação automática de fuselagem aos de furação de asa e empenagem. Esse processo de modernização das linhas de montagem da EMBRAER evoluiu continuamente até os dias atuais e prosperam na busca incansável de novas tecnologias de processo e de produto nas mais remotas regiões localizadas em diferentes países os quais detêm o *know-how* que a empresa necessita.

Contudo, é fato que embora a tecnologia no ramo aeronáutico, como em tantos outros segmentos, evoluiu exponencialmente nas décadas seguintes à Segunda Guerra Mundial mudando particularidades dos sistemas de montagem de modo significativo, à essência de um projeto de linha de montagem de aeronaves não mudou com relação à ideia inovadora que foi efetivamente proposta e adotada na planta de *Willow Run* nos Estados Unidos para a produção dos aviões B-24 *Liberator Bomber* e que todo o contexto converge para a Gestão do Conhecimento de modo que ele não seja perdido com o tempo.

Embora o volume de produção possa ter interferido na escolha do sistema de montagem por docas na EMBRAER anterior a 2009, a escolha do sistema por linha de montagem da empresa não pode ser creditado apenas às mudanças ocorridas nos grandes fabricantes como a *Boeing* e a *Airbus* a partir da implantação do *Lean Manufacturing*. A concepção do projeto se deu em *Willow Run* a mais de setenta anos, o que prova que muito do que já foi desenvolvido nos primórdios do sistema de fabricação de aeronaves é pura realidade nos dias atuais e o fato é que nada se inventou no momento atual, há apenas uma evolução impulsionada pelo avanço da tecnologia de processos, produto e informação o que permite repensar o modelo quanto ao desempenho e controle e não quanto aos fundamentos. O modelo proposto nesse trabalho é, evidentemente, o mais simples possível, sem grandes mudanças quanto a sua essência, embora o ponto central seja a Gestão do Conhecimento e o cuidado na seleção de profissionais, que além do perfil de liderança devem dominar as práticas *Lean* e a tecnologia, assim como valorizar enfaticamente o trabalho em equipe.

8.2 Conjecturas da Gestão do Conhecimento do Setor Aeronáutico

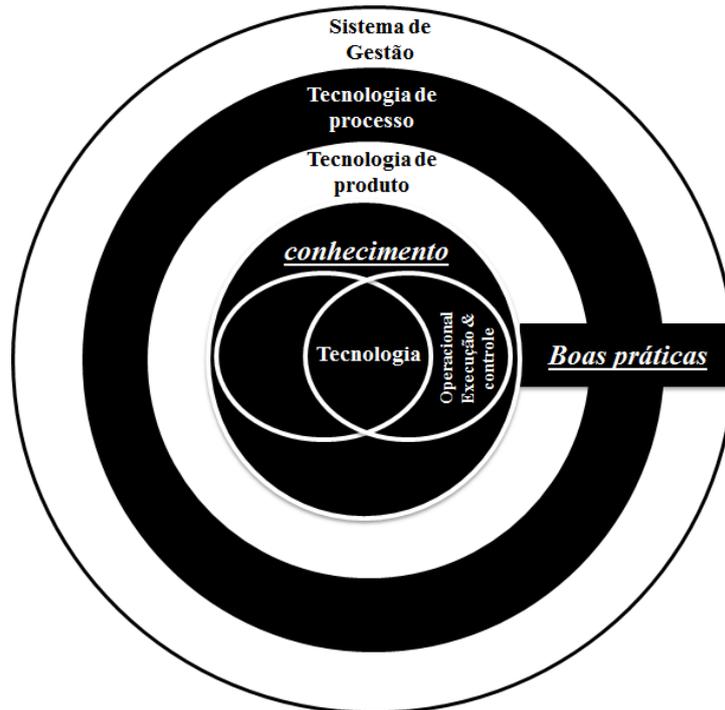
De acordo com a hipótese de Forza (1996) a análise e percepções dos dados de um sistema de produção define a necessidade de convergência da tecnologia de produto e de processos para o êxito da transformação do sistema de produção tradicional para o sistema enxuto representando a questão destacada nas considerações finais do presente trabalho quanto à gestão do conhecimento com foco na concepção de equipes de trabalho integradas a partir de um único propósito: competitividade e flexibilidade.

Contudo, questões devem ser respondidas:

- 1) A tecnologia atual de processo e produto é compatível com os padrões de competitividade desejados pela empresa?
 - a) Caso a resposta da questão 1) seja negativa o que há no mercado e quais são os prováveis parceiros que possuem *know-how* para se obter a compatibilidade?
 - b) É vital para a sobrevivência da empresa, buscar novas tecnologias?
 - c) Como obter essas novas tecnologias, é acessível? Qual a capacidade de investimento da empresa?
- 2) Caso seja essencial à busca por novas tecnologias:
 - a) Qual o *Know-how* da empresa quanto à tecnologia de processo e de produto existente no momento atual?
 - b) A empresa utiliza adequadamente a tecnologia de produto e de processo que possui?
- 3) O processo de gestão da empresa é compatível com o sistema de manufatura atual quanto à busca do uso efetivo do sistema no atendimento às necessidades do mercado consumidor com ênfase à produtividade, qualidade e confiabilidade?

A resposta efetiva a essas questões, segundo Azzolini Jr (2013) depende da Gestão do conhecimento ou núcleo duro da empresa representado pelo círculo do conhecimento da Figura 78, o qual por si só, quando delineado de modo efetivo quanto à atuação dos colaboradores no uso do conhecimento e *know-how* que a empresa adquiriu ao longo da sua existência caracteriza a importância da integração entre as áreas afins, relacionadas ao desenvolvimento do produto e do processo, tornando um facilitador da busca por novas tecnologias do produto e do processo, assim como a adequação do sistema de gestão a partir das boas práticas gerenciais da produção como exposto na Figura 78. A proposta do presente trabalho, a partir da medição do nível de aderência das práticas *Lean Manufacturing* de acordo com os contextos estudados de uma empresa do setor aeronáutico, converge para o esboço da Figura 78 proposto por Azzolini Jr (2013) quanto à importância do conhecimento no universo das empresas contemporâneas, principalmente organizações industriais que operam com base na tecnologia de ponta, como por exemplo, desenvolvimento de novos materiais mais leves, de baixo custo e de fácil conformação. É importante enfatizar que na produção enxuta é fundamental a realização de uma gestão efetiva de processos com a sistematização da confecção da documentação dos procedimentos a serem realizados no chão de fábrica sendo, contudo, um manual detalhado da gestão por operação, o que é fundamental, a fim de minimizar a probabilidade de erro do operador.

Figura 78 – Modelo Proposto.



Fonte: AZZOLINI JR (2013).

Neste contexto as chamadas instruções de trabalho precisam ser concisas e claras com atualização dos dados e informações em um horizonte de tempo dependente da frequência das mudanças que serão realizadas, de acordo com as alterações de projeto e de processo de fabricação, pois é fato que a documentação também aumenta a flexibilidade dos operadores, uma vez que é mais fácil descobrir e aprender as atividades que devem ser realizadas a partir dos registros que as descrevem, os quais demonstram a evolução do aprendizado e, sua eficácia pode ser observada a partir do contorno da curva de aprendizado e da determinação estatística dos desvios padrão com ênfase as causas raiz.

A documentação está inserida na Gestão do Conhecimento e pertence ao núcleo duro da Figura 78, de modo que uma vez atualizada corretamente em tempo real demonstra o resultado da resolução de problemas pela equipe responsável, indicando que as sugestões dos colaboradores e os esforços de melhoria contínua estão evoluindo.

Toda documentação relacionada aos procedimentos de produção é ainda um meio pelo qual a fábrica pode adquirir o conhecimento de que vale a pena ter e disponibilizar a informação.

Com base em Forza (1996) concluímos que há dois tipos de práticas de Gestão da Organização do trabalho que contempla o esboço da ideia inicial proposta por Azzolini Jr (2013) quanto ao aprimoramento dos Sistemas de Produção, a partir do uso das boas práticas do *Lean Manufacturing*:

- 1) **Primeiro** – o gestor deve priorizar as práticas que estão intimamente ligadas às práticas inerentes aos contextos da produção enxuta: *Just in Time (JIT)* e *Quality Management (TQM)*.
- 2) **Segundo** – o gestor deve permanecer atento no modo como as equipes lidam com essas práticas, envolvendo recrutamento, remuneração promoção e formação, fortemente influenciadas pelas políticas de gestão de recursos humanos e que refletem a visão gerencial de cada empresa, o contexto industrial, o mercado de trabalho, o contexto cultural e o setor ou país de origem, ou seja, o contexto *Human Resource Management (HRM)*.

Esse processo é dinâmico e reflete a necessidade do aprendizado contínuo do sistema industrial composto essencialmente por pessoas, recursos primários e recursos secundários oriundos da tecnologia de produto e de processo aplicada.

A partir dos recursos primários, dar prioridade ao monitoramento do aprendizado e aplicação das boas práticas de gestão das atividades das operações executadas na manufatura, o que permite avaliar o nível de percepção dos colaboradores na execução do processo como reflexo das habilidades e competências acumuladas ao longo do tempo.

Essa percepção permite avaliar o reflexo do investimento realizado na qualificação da mão de obra e na tecnologia adquirida com base no acompanhamento da curva de aprendizado, de modo a demonstrar a partir dos resultados alcançados e com base nos índices de desempenho, se o projeto e a operação do sistema de produção estão atendendo aos objetivos definidos pela corporação quanto à competitividade e flexibilidade desejada.

No caso, resultados positivos pode significar que as avaliações de cada contexto das práticas *Lean Manufacturing* estão coerentes com os objetivos que a equipe espera alcançar, de acordo com a convergência para com as estratégias competitiva e de manufatura da organização, as quais devem direcionar todo o esforço dos elementos componentes do sistema, recursos primários e secundários.

Os recursos secundários dependem do projeto que por sua vez depende da competência do grupo de profissionais que o desenhou, voltando novamente à competência alcançada a partir do *know-how* desenvolvido pelos recursos primários.

Desse modo, como já dito, todo o processo converge para o conhecimento atrelado à curva de aprendizado e, contudo, o diferencial da mão de obra com relação aos concorrentes.

No caso da indústria aeronáutica está diretamente atrelado ao *know-how* da mão de obra direta e indireta do fabricante e a mão de obra dos parceiros que, em função da modularidade das aeronaves detém conhecimentos da tecnologia empregada de cada conjunto ou subconjunto específico do produto final, o avião.

Por fim, a partir de Frigant (2005), a modularização na indústria aeronáutica dentro do núcleo duro da Figura 78 representa a evolução da manufatura deste segmento para esse viés: sistema modular, em função de uma adaptação da arquitetura organizacional de produção do produto pré-existente na indústria aeronáutica desde o seus primórdios: produção em docas, evoluindo para a produção em linha, diferentemente do caso da indústria automobilística.

Neste sentido, a indústria aeronáutica é uma boa ilustração da hipótese de uma forma de determinismo tecnológico, onde o *design* modular força a organização a ser adaptada, mesmo quando há a influência de questões políticas (o desejo de criar a *Airbus* do governo Francês) que teve um papel fundamental no movimento inicial para uma modularidade tecnológica.

Posteriormente, a crescente complexidade dos produtos incentivou a adoção de uma estrutura organizacional modular em linha com a continuação do trabalho, em termos de política do negócio.

Podemos concluir quanto à modularização que a arquitetura modular pode exigir o desenvolvimento de novas ferramentas tecnológicas baseadas em uma organização que já é modular, talvez, a nível global para alguns casos da indústria de outros segmentos, já no setor aéreo a modularização se deu a partir da dimensão tecnológica envolvendo processos de fabricação e produto e na sequência deu início a modularização organizacional.

8.3 Metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC é aplicada em projetos *Seis Sigma* com o propósito de auxiliar na estruturação de um problema específico de processo, quando aplicada no chão de fábrica.

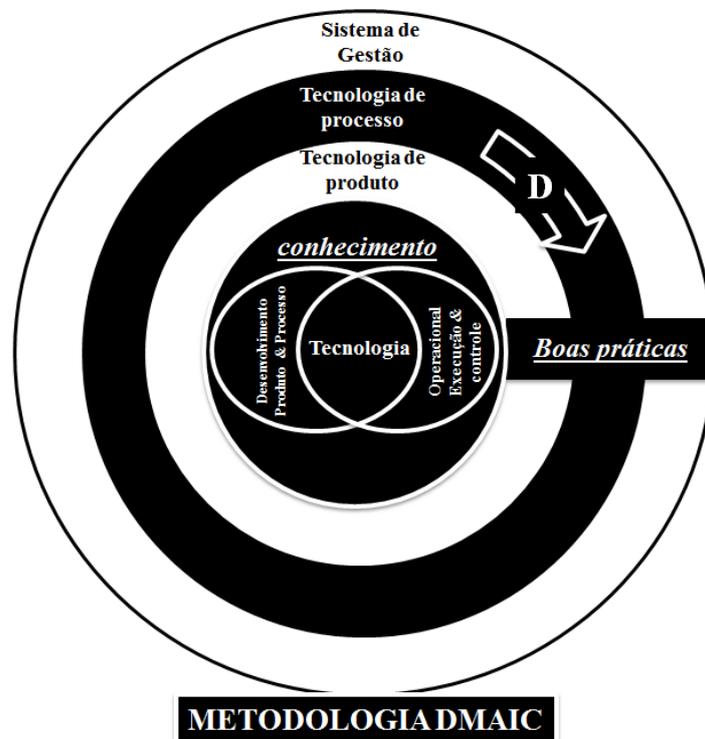
Nesse caso a ênfase dada no uso da metodologia DMAIC é a identificação da relação direta entre conhecimento, tecnologia e boas práticas de gestão da produção de acordo com o escopo do *Lean Manufacturing*.

Com esse propósito o gestor deve seguir os seguintes passos, a partir da proposta sistemática de avaliação do presente trabalho:

1) **Definir (Define):**

- a) Qual é o problema?
- b) Detalhar o escopo do projeto.
- c) De acordo com Azzolini Jr (2013), definir o problema ou a restrição à prática do *Lean Manufacturing* no processo de fabricação pode ser caracterizado de acordo com a Figura 79, propondo o uso das normas SAE J4000 e SAE J4001 como instrumento padronizado de avaliação.

Figura 79 – Definir o problema: dimensão tecnologia ou dimensão organizacional.



Fonte: AZZOLINI JR (2013).

Se o problema é da dimensão tecnologia o projeto de melhoria deve buscar a aquisição de *know-how* tecnológico de processo ou de produto. Com esse propósito, a partir do conceito de sistema modular, as empresas do setor aeronáutico no mundo todo passaram a incorporar esse novo conceito, de modo que as especificações técnicas de funcionalidade e desempenho acabaram sendo reavaliadas, de acordo com o projeto do produto e processo na operação. Nesse caso, o que pode estar em uso ou em fase de desenvolvimento, requer a elaboração do orçamento necessário, tempo de aquisição e questões contratuais de fornecimento alinhadas com o escopo do projeto de melhoria.

Se o problema é da dimensão organizacional deve-se avaliar se está relacionado ao fornecedor ou internamente à empresa e delinear pontualmente, a partir das possibilidades:

a) **Contexto**

- _ O problema está relacionado à qual contexto do *Lean Manufacturing*?
- _ Quais práticas relacionadas ao contexto cabem na solução do problema?
- _ Houve treinamento?
- _ Caso o treinamento foi realizado qual a inconsistência no uso da prática?

b) **Processo**

- _ A Engenharia definiu adequadamente o processo?
- _ O processo está documentado de acordo com o executado?
- _ Houve revisão do processo?
- _ Há falhas ou inconsistências no processo?
- _ Há problemas com dispositivos ou ferramental?

c) **Mão de obra**

- _ Habilidades da mão de obra na execução das atividades das operações relacionadas (falta de treinamento) atende as competências necessárias da mão de obra à execução do processo?

d) **Solução do problema**

- _ É de fácil solução?
- _ Trata-se de um problema recorrente?
- _ Há necessidade de investimento?
- _ Qual o apoio da supervisão e da direção?

A partir das questões relacionadas, enfatizando que outras questões provavelmente podem surgir, é prudente concluir que são de difícil resposta para sistemas de produção complexos, como o caso das indústrias do setor aeronáutico. Para definir um procedimento sistematizado, inicialmente de definição do problema de acordo com o método DMAIC, e posteriormente como procedimento sistematizado de avaliação às restrições das aplicações das práticas *Lean Manufacturing* como proposto no presente trabalho, a sugestão deste roteiro é definir inicialmente um instrumento de delineamento do problema a partir de um questionário similar ao aplicado na empresa objeto de estudo (Apêndice A) ou de acordo com a norma SAE J4001. Contudo, cabe verificar a resposta para os pontos a serem avaliados descritos na norma do inciso 4. ao inciso 9.13 para fins da avaliação, a ser posteriormente realizada com a definição do sistema de medição na próxima rodada do método DMAIC.

Como subsídio para o sistema de avaliação, é relevante a partir das normas SAE J4000 e SAE J4001, dividir os aspectos a serem avaliados em 6 elementos como propõe a norma, com o objetivo de mapear o cenário pós-início da implantação do *Lean Manufacturing*.

De acordo com a norma SAE J4000 6 elementos da implantação devem ser avaliados:

- a) **Elemento 4** – Confiabilidade da gestão;
- b) **Elemento 5** – Pessoas;
- c) **Elemento 6** – Informação;
- d) **Elemento 7** – Cadeia de suprimentos – fornecedor – indústria – cliente;
- e) **Elemento 8** – Produto e;
- f) **Elemento 9** – Fluxo de produção e processo de fabricação.

A proposta deste trabalho é agrupar Confiabilidade da gestão (**Elemento 4**) e Pessoas (**Elemento 5**) RHM e Informação (**Elemento 6**), Cadeia de suprimentos (**Elemento 7**), Produto (**Elemento 8**) e Fluxo de produção e processo de fabricação (**Elemento 9**) nos contextos JIT, TQM e TPM.

2) Medir (*Measure*)

Após a definição das questões a serem avaliadas na primeira rodada do método DMAIC, com o propósito de definir o projeto de avaliação é necessário criar um sistema de medição, o qual é importante considerar:

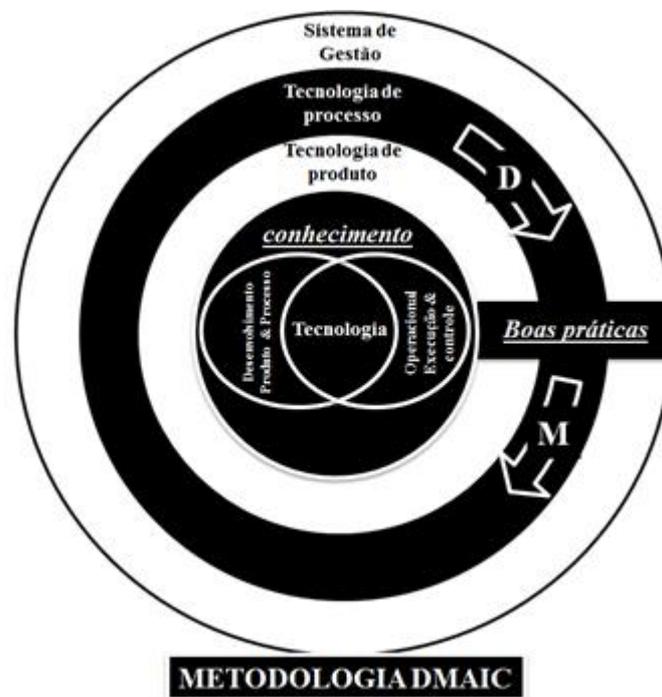
- _ Qual o indicador do projeto (métricas) que indica problemas relacionados à aplicação das práticas identificadas na definição do problema?
- _ Analisar o sistema de medição. Verificar o contexto relacionado de acordo com as práticas a serem aplicadas e o desempenho do processo a partir de uma análise criteriosa do sistema de medição.

A Figura 80 destaca a 2ª rodada do DMAIC a qual deve ser realizada a partir de um sistema de medição dos resultados ou do delineamento do problema, a partir da etapa de sua definição. No caso da análise às restrições à aplicação das práticas *Lean Manufacturing* o presente roteiro proposto sugere a definição dos pesos aplicados durante o desenvolvimento desta dissertação ou o uso dos níveis de avaliação sugeridos pela norma SAE J4000 descritos no escopo da norma no inciso 1, o qual define um procedimento de avaliação que deve ser aplicado a cada componente da implementação do *Lean Manufacturing* definidos na norma SAE J4001.

A norma SAE J4000 define os seguintes níveis de avaliação:

- a) **Nível 0** – o componente não é aplicado em todas as áreas ou há grandes inconsistências durante a implantação do *Lean Manufacturing*;
- b) **Nível 1** – o componente é aplicado, embora com pequenas inconsistências durante a implantação do *Lean Manufacturing*;
- c) **Nível 2** – o componente é aplicado por completo em todas as áreas e, contudo efetivamente implantado;
- d) **Nível 3** – o componente é aplicado por completo em todas as áreas e exibe melhoras na execução durante os últimos 12 meses.

Figura 80 – Medir.



Fonte: AZZOLINI JR (2013).

Com relação aos seis elementos de avaliação a norma define pesos iguais por considerar, a partir dos contextos os quais os elementos pertencem mesmo nível de importância pelo fato da dependência direta do sucesso da implantação do desempenho de todos os elementos.

As possibilidades relacionadas ao baixo desempenho do processo, quando houver, em função da não aplicação adequada das práticas *Lean Manufacturing*, podem ser inúmeras devendo ser rastreado as causas raiz de acordo com o exposto, trata-se de uma decisão corporativa envolvendo todos os participantes da execução do processo de implantação do *Lean Manufacturing*: montadores, operadores, supervisores, gerentes e diretores.

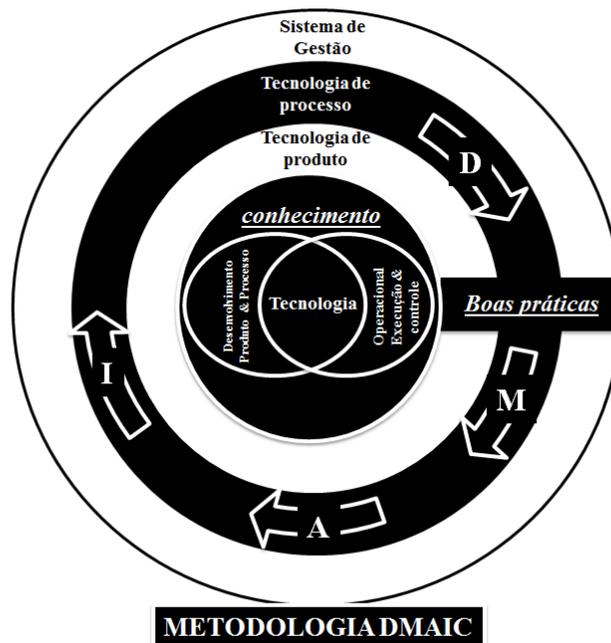
4) **Melhoria (*Improve*):**

A definição de projetos de melhoria depende da política e da necessidade do sistema em alcançar objetivos estratégicos, ou seja, o desenho do cenário atual requer uma análise crítica da direção da empresa quanto ao direcionamento que deve ser dado ao projeto *Lean Manufacturing* a partir do desempenho alcançado até o momento. A forma de como a direção encara o resultado e valoriza explicitamente o projeto *Lean Manufacturing* quanto a uma estratégia de manufatura é fundamental nesta etapa do método DMAIC. Esse processo deve ser delineado com bom senso e análise crítica dos resultados a fim de conduzir o processo com o envolvimento de todos os colaboradores e definir pontualmente o que a organização espera de cada um quanto às necessidades emergentes de correção do projeto de implantação, ou seja, é necessário avaliar se há resistência ou pessoas cujo perfil não atende a expectativa da atuação dela, devendo nesses casos a substituição.

A partir de a avaliação preliminar sugerida responder as questões:

- a) Como podemos melhorar o processo?
- b) Por onde começar: Realizar melhorias nos fatores principais.

Figura 82 – Melhoria.

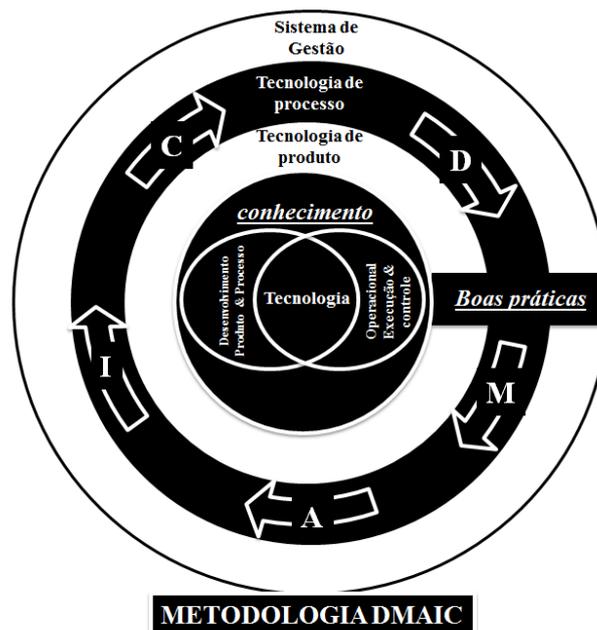


5) Controle (*Control*):

Sendo as etapas anteriores cumpridas de modo correto e com consistência na definição dos cenários e nas decisões tomadas e assumidas pela direção, com planos e metas bem definidos e o mais importante, exequíveis no horizonte de tempo definido em cronograma com o aporte de recursos e apoio não só financeiro, mas de condições de trabalho coerentes com o nível de exigência que a indústria assumiu, a etapa de controle é a mais simples de realizar, principalmente pelo fato de que se as práticas *Lean Manufacturing* estão sendo tratadas com seriedade quanto ao uso, com certeza os indicadores de desempenho atendem as necessidades do projeto e podem atuar como agentes facilitadores do controle a partir das questões a) e b) e de acordo com a Figura 83.

- a) Como podemos monitorar os resultados?
- b) Perpetuação dos resultados/melhorias.

Figura 83 – Controlar.



Fonte: AZZOLINI JR (2013).

A aplicação do método DMAIC, a partir do procedimento definido pelas normas SAE J4000 e SAE J4001, deve auxiliar na rastreabilidade da efetividade da aplicação das práticas *Lean Manufacturing*, assim como a identificação das restrições à aplicação, avaliadas e identificadas por contexto. Esse roteiro ou propostas de roteiro similares com esse propósito, quando realizadas de modo consistente, não deixam dúvidas quanto à efetividade do projeto *Lean Manufacturing* na indústria, no sentido de identificar as mazelas muitas vezes invisíveis e danosas ao processo de implantação pela falta de um procedimento sistematizado de avaliação.

Referências Bibliográficas

ALGARTE, W., QUINTANILHA, D. A História da Qualidade e o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade. Rio de Janeiro: INMETRO/SENAI 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação - Trabalhos Acadêmicos – Apresentação**: NBR 14724. Rio de Janeiro, 6 p. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Numeração progressiva das seções de um documento**: NBR 6024. Rio de Janeiro, 2 p. 1989-2002.

AZZOLINI JR, W. Evolução dos Sistemas de Produção. Notas de aula. Escola de Engenharia de São Carlos. 2013.

BENDERS, J. and RIEZEBOS, J.; Period batch control: classic, not outdated, Production Planning & Control, VOL. 13, NO. 6, 497 – 506. 2002.

BENDERS, J.; The origin of Period Batch Control (PBC), International Journal of Production Research, vol. 40, no. 1, 1-6. 2002.

BERGGREN, C. Lean Production – The End of History? Work, Employment& Society, Vol. 7, No. 2, pp. 163-188. 1993.

BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. Na overview of continuous improvement: from the past to the presente. Management Decision, v. 43, n. 5, p. 761-771, 2005.

BLALOCK, M. The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World by Jeremy Rifkin, president of the Foundation on Economic Trends. Intel. 2014.

BOHLANDER, G.; SNELL, S.; SHERMAN, A. Administração de Recursos Humanos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

BOYER, R. CHARRON, E., JURGENS, U., TOLLIDAY, S. Between Imitation and Innovation: The Transfer and Hybridization of Productive Models in the International Automobile Industry. Oxford University Press, Oxford. 1998.

BRUSONI, S. et al. Knowledge specialisation, organizational coupling, and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make?, Administrative Science Quarterly, 46(4), pp. 597–621. 2001.

CAMPOS, V. F. **Gerencia da Qualidade Total Estratégia para aumentar a Competitividade da Empresa Brasileira**. Rio de Janeiro: Bloch, 1990.

CHENG, L. C. **QFD: planejamento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

- CLARK, K. and FUJIMOTO, T. *Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry* (Boston, MA: Harvard Business School Press). 1991.
- CORIAT, B *Pensar pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização*. Rio de Janeiro: Revan; UFRJ. 1994.
- CROSBY, Philip B. **Qualidade é Investimento**. 7 ed. Rio de Janeiro: José olympio, 1999.
- CUSUMANO, M.A. *The Japanese Automobile Industry: Technology and Management at Nissan and Toyota* (Harvard East Asian Monographs, No. 122) Harvard University Press, Boston. 1985.
- DEMING, W.E. *Qualidade: a revolução da administração. Tradução*. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.
- DURÁN, O. ; BATOCCHIO, A. Na Direção da Manufatura Enxuta por meio da J4000 e o LEM. In: IV Congreso Chileno de Investigación Operativa, 2001, Talca, Chile. Proceedings do IV Congreso Chileno de Investigación Operativa, 2001.
- DURÁN, O. ; BATOCCHIO, A. Na Direção da Manufatura Enxuta por meio da J4000 e o LEM. In: IV Congreso Chileno de Investigación Operativa, 2001, Talca, Chile. Proceedings do IV Congreso Chileno de Investigación Operativa, 2001.
- EMBRAER (2010). Informações publicadas pelo site www.embraer.com.br. Acessado em 15 de junho de 2010.
- ERENS, F. and VERHULST, K. Architectures for product families, *Computers in Industry*, 33, pp. 165–178. 1997.
- FEIGENBAUM, A. V. **Controle da Qualidade Total**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- FERREIRA, C. F. Diretrizes para avaliação dos impactos da produção enxuta sobre as condições de trabalho. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.
- FORZA, C. Work organization in lean production and traditional plants. What are the differences? *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16 No. 2, pp. 42-62. © MCB University Press, 0144-3577. 1996.
- FRANÇA, Ana Cristina Limongi. *Práticas de recursos humanos: conceitos, ferramentas e procedimentos*. São Paulo: Atlas, 2007.
- FRANCISCO, R.P. *Metodologia de Gestão de Mudanças para Apoiar a Implementação e Manutenção de um Sistema de Gestão da Qualidade*. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

- FRENKEN, K. A complexity approach to innovation networks. The case of the aircraft industry (1909–1997), *Research Policy*, 29(2), pp. 257–272. 2000.
- FRIGANT, V.; TALBOT, D. Technological Determinism and Modularity: Lessons from a Comparison between Aircraft and Auto Industries in Europe. *Industry and Innovation*, Vol. 12, No. 3, 337–355, September 2005.
- FULLERTON, R. R.; MCWATTERS, C. S. The production performance benefits from JIT implementation. *Journal of Operations Management*, 2001.
- GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção, mais que um simples Just-in-Time. Caxias: Universidade de Caxias do Sul, 200p. 1996.
- GROEBNER, D. F. and MERZ, C. M. The impact of Implementing JIT on Employees' Job Attitudes, *International Journal of Operations & Production Management* 14 (1): 26 – 38. 1994.
- HAAS, J. et al. R&D Dans le secteur aéronautique et spatial: tensions liées à un contexte nouveau, *Les notes du LIRHE*, 348. 2001
- HENDERSON, R. and CLARK, K. Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms, *Administrative Science Quarterly*, 35(1), pp. 9–30. 1990.
- HOLWEG, M. The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, v. 25, p. 420 – 437, 2007.
- HOUNSHELL, D.A. From the American System to Mass Production. The Development of Manufacturing Technology in the United States. John Hopkins University Press, p. 1800 – 1932, 1984.
- IMAI, M. Gemba kaizen: estratégias e técnicas do kaizen do piso de fábrica. São Paulo: IMAN, 1996.
- ISHIKAWA, K. *Controle de Qualidade Total*. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- JURAN, M.J. *Controle de Qualidade*. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.
- KAUFMAN, B. E. The role of economics and industrial relation in the development of the Field of personal / human resource management. *Management Decision*; 40/10, ABI/INFORM Global. 2002.
- KENNEDY, R., Examining the Processes of RCM and TPM – What do They Ultimately Achieves and Are The Two Approaches Compatible – The Plant Maintenance Resource Center. 2002.
- LANGLOIS, R. N. Modularity in technology and organization, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1(1), pp. 19–37. 2002.

- LANGLOIS, R. N. The vanishing hand: the changing dynamics of the industrial capitalism, *Industrial and Corporate Change*, 12(2), pp. 351–385. 2003.
- LANGLOIS, R. N. Competition through institutional form: the case of cluster tool standards. Working Paper, 2004-10, University of Connecticut, May. 2004.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. *Léxico Lean – Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean*. 2. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 110p. 2003.
- MARODIN, G. A. and SAURIN, T. A. Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 22, 6663–6680. 2013.
- MESHOULAM, Ilan. *A Development Model for Human Resource Management*, Dissertação (Mestrado em Administração de Negócios) – University Microfilms International, Boston University, 606 f., 1984.
- MILET, Paulo B., MILET, Evandro B. e PEREIRA Jr., Paulo J.C. **Os Princípios da Qualidade Total Aplicados à Informática**. Série Informática & Qualidade Total. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1993.
- MOURA, R.A. *kanban - a simplicidade do controle da produção*. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, 355p. 1989.
- NAKAJIMA, Siichi. *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 111p. 1989.
- OAKLAND, John S. **Gerenciamento da qualidade total - TQM: o caminho para aperfeiçoar o desempenho**. São Paulo: Nobel, 1994.
- OHNO, T.: *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PAVITT, K. Specialization and systems integration: where manufacture and services still meet, in: A. Prencipe et al. (Eds) *The Business of Systems Integration*, pp. 78–91 (Oxford: Oxford University Press). 2003.
- PORTER, M. *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. New York: The Free Press. 1985.
- PRENCIPE, A. Corporate strategy and systems integration capabilities, in: A. Prencipe et al. (Eds) *The Business of Systems Integration*, pp. 114–132 (Oxford: Oxford University Press). 2003.

- PRENCIPE, A. et al. (Eds) *The Business of Systems Integration* (Oxford: Oxford University Press) Galvin, P. and Morkel, A. (2001) The effect of product modularity on industry structure: the case of the world bicycle industry, *Industry and Innovation*, 8(1), pp. 31–47. 2003.
- RAMARAPU, N. K. A comparative analysis and review of JIT “implementation” research. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15. No. 1, pp. 38-49. 1995.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.
- SAE. SAE J4000: Identification and measurement of best practice in implementation of lean operation. <http://www.sae.org/>. Warrendale, PA, Society for Automotive Engineers, 1999.
- SAE. SAE J4000: Identification and measurement of best practice in implementation of lean operation. <http://www.sae.org/>. Warrendale, PA, Society for Automotive Engineers, 1999.
- SANCHEZ, R. Modular architectures, knowledge assets and organizational learning: new management processes for product creation, *International Journal of Technology Management*, 19(6), pp. 610–629. 2000.
- SANCHEZ, R. and MAHONEY, J. T. Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design, *Strategic Management Journal*, 147, pp. 63–76. 1996.
- SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A.; *Determinação do grau de aderência ao sistema Lean Production para empresas da indústria automobilística: um estudo tipo*. XXVII ENEGEP. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.
- SCHAEFER, S. Product design partition with complementary components, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 38, pp. 311–330. 1999.
- SCHROEDER, D. M.; ROBINSON, A. G. America’s Most Successful Export to Japan; Continuous Improvement Programs. *Sloan Management Review*, v. 32, n. 3, p. 67-81, 1991.
- SHAH, R; WARD, P.T. Lean Manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, Vol. 21, p. 129-149. 2003.
- SHINGO, S. *O sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Bookman. Porto Alegre. 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S. e JOHNSON, R. *Administração de Produção*. 2^a Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- STRATEGOS, *Production Miracle At Willow Run – Charlie Sorensen’s Story*. Inc. – 3916 Wyandote – Kansas City Missouri 64111 – 816.931.1414. www.strategosinc.com. Acesso: Agosto de 2013.

- STURGEON, T. Modular production networks: a new American model of industrial organization, *Industrial and Corporate Change*, 11(3), pp. 451–496. 2002.
- SUGIMORI, Y.; KUSUNOKI, K.; CHO, F. e UCHIKAWA, S. Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human System. *International Journal of Production Research*. VOL. 15, No.6, 553-564. 1977.
- TALBOT, D. Institutional dynamics on localised inter-firm: the case of Aerospatiale and the Toulousian subcontractors, *European Urban & Regional Studies*, 7(3), pp. 223–236. 2000.
- TOIKE, M. Recent changes in the subcontracting system of the Japanese motor industry: a comparison with the British model. *Journal of Economics*. 1967.
- TOWILL, D.R., CHILDERHOUSE, P. and DISNEY, S.M., ``Speeding up the progress curve towards effective supply chain management'', *International Journal of Supply Chain Management*, Vol. 5 No. 43, pp. 122-30. 2000.
- TOWILL, D.R., Re-visiting Devons' historical perspective on black holes and bullwhip. *Management Decision*. Vol. 43 No. 2, pp. 293-311. 2006.
- ULRICH, K. The role of product architecture in the manufacturing firm, *Research Policy*, 24, pp. 419–440. 1995.
- WADA, K. Kiichiro Toyoda and the Birth of the Japanese Automobile Industry: Reconsideration of the Toyoda-Platts Agreement. Working paper #CIRJE-F-288, University of Tokyo. 2004.
- WERKEMA, M.C. Criando a Cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, p.253. v.2. 2002.
- WERKEMA, M.C. Lean Six Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. Belo Horizonte: Werkema, p.116. v.4. 2006a.
- WHITE, R. E.; PEARSON, J. N.; WILSON, J. R. JIT manufacturing: a survey of implementations in small and large U.S. manufacturers. *Management Science*. Linthicum: Vol.45, Iss. 1, p. 1-15. 1999.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Campus, 2004b.
- WWW.TOKDEHISTORIA.WORDPRESS.COM/2012/06/09/aviao-p-40-da-segunda-guerra-mundial-encontrado-no-deserto-do-saara-70-apos-seu-desaparecimento/. Acesso em: Maio de 2013.

WYREBSKY, Jery. Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado. Florianópolis: UFSC, 1997. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

YAMASHINA, H. Challenge to World-Class Manufacturing. The International Journal of Quality & Reliability Management. Bradford. 1995.

Apêndice A: Questionário Coleta de Dados

Obsevação: questionário adaptado pelo autor. A partir de Ferreira e Saurin (2006).

QUESTIONARIO MESTRADO - ANÁLISE DAS RESTRIÇÕES A APLICAÇÃO DAS PRÁTICAS DE PRODUÇÃO ENTUXA EM UMA EMPRESA DO SETOR AERONÁUTICO - UM ESTUDO DE CASO							
ÁREA DA EMPRESA		CÉLULA					
JUST IN TIME (JIT)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
1 - PRODUÇÃO PUXADA E FLUXO CONTÍNUO							
1.1	QUAL A PORCENTAGEM DE PEÇA QUE RECEBE A ORDEM DE PRODUÇÃO EMITIDA PELO SETOR DE POP ?						
1.2	QUAL A PORCENTAGEM DE ORDENS DE PRODUÇÃO QUE CORRESPONDEM A PEDIDOS FIRMES DE CLIENTES ?						
1.3	É ADOPTADA UMA FÓRMULA PARA DIMENSIONAR SUPERMERCADOS (OU ESTOQUES TIPO FIFO) DE PRODUTOS ACABADOS E SEM-PROCESSADOS, A QUAL CONSIDERE NO MÍNIMO OS PARÂMETROS DE DEMANDA MÉDIA DIÁRIA, VARIAÇÃO DA DEMANDA, COEFICIENTE DE SEGURANÇA E LEAD TIME DE REPOSIÇÃO. QUAL A PORCENTAGEM ?						
1.4	A ENTREGA DO PRODUTO ACABADO AOS CLIENTES FINAIS É REALIZADA DENTRO DO PRAZO PROMETIDO. QUAL A PORCENTAGEM ?						
1.5	QUAL A PORCENTAGEM DA BAIXA VARIABILIDADE NOS LEAD TIMES DE PRODUÇÃO GARANTINDO MAIOR CONFIABILIDADE A CERCA DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E PRAZO DE ENTREGA ?						
1.6	QUAL A PORCENTAGEM DE DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA PUXAR A PRODUÇÃO ENTRE CÉLULAS, LINHAS OU AMBIENTES JOB-SHOP, TAIS COMO CARTÃO KANBAN OU FIFO?						
1.7	QUAL A PORCENTAGEM DE DISPOSITIVOS VISUAIS QUE PERMITE IDENTIFICAR AS PRIORIDADES DE PRODUÇÃO ?						
1.8	HAVENDO USO DE CARTÕES KANBAN, ELES CONTÊM IDENTIFICAÇÃO DO ITEM, QUANTIDADE E ENDE REÇO DE ARMAZENAMENTO. QUAL A PORCENTAGEM DA UTILIZAÇÃO DOS CARTÕES COM AS INFORMAÇÕES ADEQUADAS?						
1.9	HAVENDO USO DE CARTÕES KANBAN, O PROCESSO SUBSEQUENTE RETIRA DO PROCESSO PRECEDENTE OS ITENS DE SUA NECESSIDADE APENAS NAS QUANTIDADES E TEMPO NECESSÁRIO. QUAL A PORCENTAGEM?						
1.10	OS PROCESSOS SÓ PRODUZEM O QUE É INDICADO NO KANBAN OU ATÉ O PREENCHIMENTO DO FIFO SUBSEQUENTE. QUAL A PORCENTAGEM?						
1.11	QUAL A PORCENTAGEM DE ITENS DEFEITUOSOS QUE NÃO SEGUEM PARA O PROCESSO DE PRODUÇÃO SEGUINTE?						
1.12	O NÚMERO DE KANBANS É PERIÓDICAMENTE REDUZIDOS. QUAL A PORCENTAGEM DE REDUÇÃO PERIÓDICA DOS NUMEROS DE KANANS ?						
1.13	QUAL A PORCENTAGEM DE FLUXO CONTÍNUO E UNITÁRIO ENTRE PROCESSOS CONSECUTIVOS DA CÉLULA ANALISADA?						
1.14	O TAKT TIME É CONHECIDO (TAKT TIME É O TEMPO TOTAL DISPONÍVEL POR DIA DIVIDIDO PELA DEMANDA DIÁRIA). QUAL A PORCENTAGEM DO CONHECIMENTO DO TAKT-TIME?						
1.15	QUAL A PORCENTAGEM DE CONHECIMENTO E PADRONIZAÇÃO DOS TEMPOS DE CICLOS DA CÉLULA?						
1.16	QUAL A PORCENTAGEM DE CONHECIMENTO DOS LEAD TIMES DE PRODUÇÃO DE CADA PRODUTO POR PARTE DO MEMBROS?						
1.17	OS TEMPOS DE CICLOS EQUIVALENTES (MÉDIA PONDERADA DOS TEMPOS DE CICLO DE TODOS OS PRODUTOS) EM CADA POSTO DE TRABALHO SÃO MENORES QUE O TAKT TIME. QUAL A PORCENTAGEM ?						
1.18	QUAL A PORCENTAGEM DE RECURSOS DEDICADOS (EQUIPAMENTOS E PESSOAS) PARA A FABRICAÇÃO DE FAMÍLIAS DE PRODUTOS QUE POSSUEM PROCESSOS SEMELHANTES?						
1.19	QUAL A PORCENTAGEM DE ARRANJO FÍSICO DOS POSTOS DE TRABALHO QUE FAVORECE A PRODUÇÃO E O TRANSPORTE DE PEQUENOS LOTES ?						
1.20	QUAL A PORCENTAGEM DE ARRANJO FÍSICO É CELULAR?						

JUST IN TIME (JIT)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
2 - INTEGRAÇÃO DA CADEIA DE FORNECEDORES							
2.1	OS FORNECEDORES FAZEM ENTREGAS EM PEQUENOS LOTES E COM GRANDE FREQUENCIA. QUAL A PORCENTAGEM DA PERIODICIDADE DE ENTREGA DE ALGUNS FORNECEDORES CHAVE?						
2.2	QUAL A PORCENTAGEM DAS ENTREGAS DOS FORNECEDORES QUE SÃO PUXADAS AO INVÉS DE EMPURRADAS?						
2.3	OS DISPOSITIVOS PARA PUXAR AS ENTREGAS DOS FORNECEDORES EXTERNOS CONTEM INFORMAÇÕES SOBRE O QUE É PEDIDO, EM QUE MOMENTO DEVE CHEGAR (DIA E HORA), EM QUE QUANTIDADE E ONDE ARMAZENAR. QUAL A PORCENTAGEM DE ATENDIMENTO DOS ITENS ACIMA?						
2.4	QUAL O PERCENTUAL DE FORNECEDORES - CHAVES QUE ADOTAM TÉCNICAS QUE ASSEGURAM A QUALIDADE DE SEUS PRODUTOS, DISPENSANDO INSPEÇÃO DE QUALIDADE NO MOMENTO DO RECEBIMENTO?						
JUST IN TIME (JIT)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
3 - OPERAÇÕES PADRONIZADAS							
3.1	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTENCIA DE ROTINA-PADRÃO PARA TODAS AS OPERAÇÕES? (ROTINAS-PADRÃO SÃO DOCUMENTOS QUE DESCREVEM O CONTEÚDO, TEMPO, MOVIMENTO E RESULTADOS DE CADA OPERAÇÃO).						
3.2	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTENCIA DE FOLHAS DE OPERAÇÃO-PADRÃO? (FOLHAS DE OPERAÇÃO-PADRÃO SÃO DOCUMENTOS QUE APRESENTAM QUANTIDADE MÁXIMA PERMITIDA DE MATERIAL E EMPROCESSAMENTO, PONTOS DE INSPEÇÃO DE QUALIDADE, TAKT TIME, TEMPO DE CICLO E LAYOUT DA CÉLULA OU LINHA).						
3.3	AS FOLHAS DE OPERAÇÃO-PADRÃO E ROTINAS-PADRÃO SÃO PERIÓDICAMENTE REVISADA E COMUNICADA AOS USUÁRIOS. QUAL A PORCENTAGEM DE REVISÃO E COMUNICAÇÃO DAS FOLHAS DE OPERAÇÃO PADRÃO E ROTINAS-PADRÃO?						
3.4	QUAL A PORCENTAGEM DE FUNCIONÁRIOS QUE PARTICIPAM ATIVAMENTE DA ELABORAÇÃO DOS PADRÕES DE FORMA QUE OS MESMOS SEJAM INCORPORADAS A ELES DE ACORDO COM AS SUAS EXPERIÊNCIAS?						
3.5	OS PADRÕES ESTÃO EM LOCAIS DE FÁCIL ACESSO A TODOS PERMITINDO SUA CONSULTA DE FORMA RÁPIDA E CLARA. QUAL A PORCENTAGEM?						
JUST IN TIME (JIT)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
4 - NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO							
4.1	CONSIDERANDO UM HORIZONTE DE UMA SEMANA, QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTENCIA DE UMA PROGRAMAÇÃO NIVELADA DE PRODUÇÃO PELO SEQUENCIAMENTO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UM PADRÃO REPETITIVO DE MIX E VOLUME?						
4.2	CONSIDERANDO UM HORIZANTE DE 7 A 30 DIAS, QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTENCIA UMA PROGRAMAÇÃO NIVELADA DE PRODUÇÃO (SEQUENCIAMENTO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UM PADRÃO REPETITIVO DE MIX E VOLUME)?						
4.3	CONSIDERANDO UM HORIZANTE DE 30 A 90 DIAS, QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTENCIA DE UMA PROGRAMAÇÃO NIVELADA DE PRODUÇÃO (SEQUENCIAMENTO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UM PADRÃO REPETITIVO DE MIX E VOLUME)?						
4.4	QUAL A PORCENTAGEM DE INEXISTENCIA DE VARIAÇÕES GRANDES E RÁPIDAS (POR EXEMPLO, POR MEIO DA INTRODUÇÃO DE PEDIDOS EMERGENCIAIS) NO MIX DE MODELOS E VOLUMES DE PRODUÇÃO?						
JUST IN TIME (JIT)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
5- BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO							
5.1	QUAL A PORCENTAGEM DOS TEMPOS DE CICLOS DOS DIVERSOS POSTOS DE TRABALHO QUE SÃO BALANCEADOS?						
5.2	QUAL A PORCENTAGEM DOS TEMPOS DE CICLO DAS LINHAS OU CÉLULAS DE PRODUÇÃO QUE SÃO BALANCEADOS?						
JUST IN TIME (JIT)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
6- TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (TRF)							
6.1	OS TEMPOS DE SETUP SÃO NULOS OU SÃO RESTRITOS SOMENTE A TEMPO DE SETUP EXTERNO (SETUP EXTERNO ENVOLVE ATIVIDADES QUE PODEM SER EXECUTADAS ENQUANTO A MÁQUINA ESTÁ FUNCIONANDO E SETUP INTERNO ENVOLVE ATIVIDADES QUE SÓ PODEM SER EXECUTADAS ENQUANTO A MÁQUINA ESTÁ PARADA). QUAL A PORCENTAGEM?						
6.2	QUAL A PORCENTAGEM DE PADRÕES ESCRITOS QUE IDENTIFICAM E SEPARAM CLARAMENTE ATIVIDADES DE SETUP INTERNO E EXTERNO NO MOMENTO DA PREPARAÇÃO DE RECURSO?						

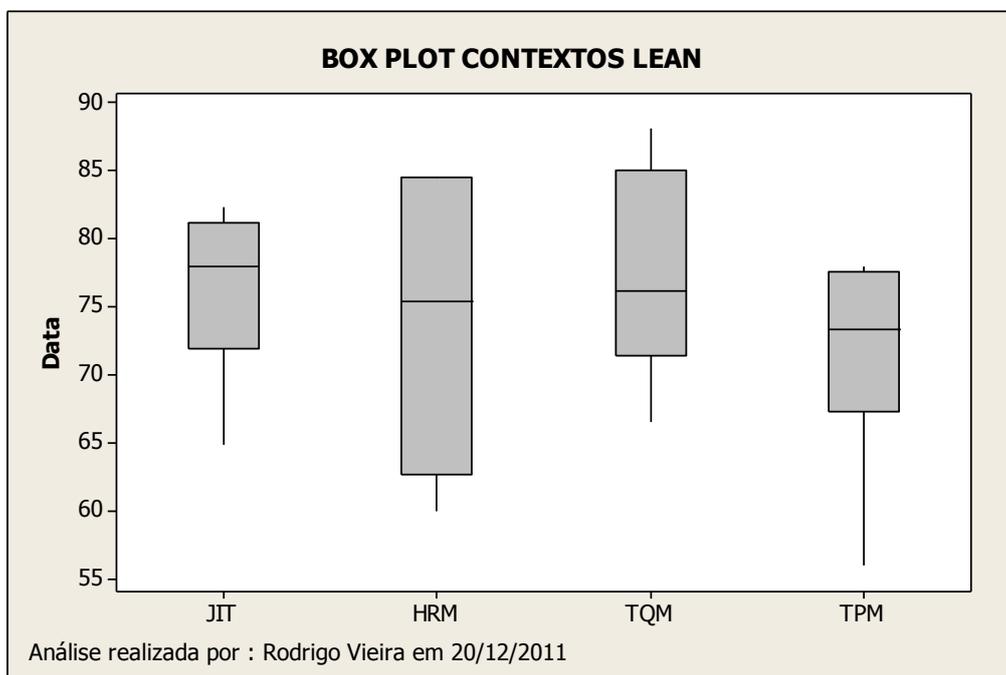
6.3	QUANDO OS EQUIPAMENTOS ESTÃO PARADOS, QUAL A PORCENTAGEM DE OPERADORES NUNCA DEIXAM PARA EXECUTAR QUALQUER PARTE DA TROCA EXTERNA DE FERRAMENTAS?						
6.4	NA PREPARAÇÃO EXTERNA, QUAL A PORCENTAGEM DE FERRAMENTAS, DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO E OS MATERIAIS QUE SÃO POSICIONADOS PRÓXIMOS À MÁQUINA?						
6.5	NA PREPARAÇÃO INTERNA, QUAL A PORCENTAGEM DE REMOÇÃO E FIXAÇÃO DE FERRAMENTAS SÃO FEITAS?						
6.6	QUAL A PORCENTAGEM DE MEDIDAS UTILIZADAS PARA ELIMINAÇÃO DE AJUSTES DESNECESSÁRIOS (POR EXEMPLO, EVITAR O USO DE PARAFUSO E PORCAS DE TAMANHOS DIFERENTES, REDUÇÃO DO NÚMERO DE ROSCAS, REDUÇÃO DO NÚMERO DE ORIFÍCIOS)?						
6.7	QUAL A PORCENTAGEM DE ESPAÇO SUFICIENTE AO REDOR DAS MÁQUINAS PARA FACILITAR A MOVIMENTAÇÃO DOS OPERADORES DURANTE OS SETUP'S?						
6.8	QUAL A PORCENTAGEM DE MOVIMENTAÇÃO DE PEÇAS PESADAS MANUALMENTE DURANTE AS TROCAS?						
6.9	QUAL A PORCENTAGEM DE SUPERMERCADO PRÓXIMOS DAS CÉLULAS DE MANUFATURA?						
JUST IN TIME (JIT)							
7 - GERENCIAMENTO VISUAL		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
7.1	QUAL A PORCENTAGEM DE FLUXO DOS PROCESSOS VISÍVEIS E COMPREENSÍVEIS DO INÍCIO AO FIM?						
7.2	QUAL A PORCENTAGEM DO USO DE DISPOSITIVOS VISUAIS (POR EXEMPLO, PLACAS, ALARMES, FAIXAS NO PISO E DISPOSITIVOS A PROVA DE ERROS) QUE É DISSEMINADO PARA O COMPARTILHAMENTO DE INFORMAÇÕES?						
7.3	QUAL A PORCENTAGEM DE INEXISTÊNCIA DE OBSTÁCULOS VISUAIS (POR EXEMPLO, PAREDES, PRATELEIRAS, POUCA ILUMINAÇÃO, LAY-OUTS CONFUSOS) QUE DIFICULTAM O COMPARTILHAMENTO DE INFORMAÇÕES ENTRE PROCESSOS?						
7.4	QUAL A PORCENTAGEM DE DIVULGAÇÃO DOS INDICADORES DE PROCESSOS E RESULTADO AOS OPERADORES?						
7.5	QUAL A PORCENTAGEM DE INFORMAÇÕES COMPARTILHADAS POR MEIO DE GERENCIAMENTO VISUAL SÃO NECESSÁRIAS AOS OPERADORES PARA REALIZAÇÃO DE SUAS TAREFAS?						
7.6	QUAL A PORCENTAGEM DE INFORMAÇÕES COMPARTILHADAS POR MEIO DE GERENCIAMENTO VISUAL SÃO FÁCILMENTE ACESSÍVEIS AOS OPERADORES?						
7.7	QUAL A PORCENTAGEM DE FREQUÊNCIA DAS AÇÕES DE GERENCIAMENTO VISUAIS QUE FORNECEM FEEDBACK EM TEMPO REAL AOS OPERADORES?						
7.8	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTÊNCIAS DA APLICAÇÃO DE PROGRAMAS 5S OU SIMILAR?						
JUST IN TIME (JIT)							
8 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
8.1	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTÊNCIA DE MAPAS DO ESTADO ATUAL E DO ESTADO FUTURO PARA TODAS AS FAMÍLIAS DE PRODUTOS?						
8.2	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTÊNCIA DE PLANOS DE AÇÃO PARA IMPLANTAR MAPAS DO ESTADO FUTURO, COM DESIGNAÇÃO DE RESPONSABILIDADES E PRAZOS?						
8.3	QUAL A PORCENTAGEM DE MAPAS DO ESTADO ATUAL E DO ESTADO FUTURO SÃO ELABORADOS E ANALISADOS POR UMA EQUIPE COM REPRESENTANTES DE TODAS AS ÁREAS DA EMPRESA ENVOLVIDAS NO FLUXO DE VALOR?						
8.4	QUAL A PORCENTAGEM DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR QUE NÃO SE RESTRINGE AO NÍVEL PORTA A PORTA, TAMBÉM INCLUINDO A CADEIA DE SUPRIMENTOS?						
HUMAN RESOURCE MANAGEMENT (HRM)							
9 - FLEXIBILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
9.1	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTÊNCIA DAS PROXIMIDADES FÍSICAS ENTRE A EXECUÇÃO DAS OPERAÇÕES PERMITINDO QUE OS OPERADORES ESTEJAM PRÓXIMOS O BASTANTE PARA TRANSFERIR MATERIAIS FACILMENTE E POSSAM REALIZAR OPERAÇÕES MULTIFUNCAIONAIS?						
9.2	OS OPERADORES TEM OPORTUNIDADE DE EXERCITAR SUAS HABILIDADES MULTIFUNCAIONAIS, QUAL A PORCENTAGEM DA PERIODICIDADE QUE OCORRE NA ROTAÇÃO ENTRE POSTOS DE TRABALHO?						

9.3	QUAL A PORCENTAGEM DE INDICES DE MULTIFUNCAOES (IM) ESTÁ ENTRE: 0% E 25% (FRACO); 26,1% E 50% (MODERADO); 50,1% E 75% (FORTE); 75,1% E 100% (MUITO FORTE)?						
9.4	QUAL A PORCENTAGEM DE ROTAZO DE FUNCOES PROMOVIDO PELA EMPRESA?						
9.5	QUAL A PORCENTAGEM DE TECNICAS OU INICIATIVAS RELACIONADAS AO DESENVOLVIMENTO ORGANIZACIONAL (JOB DESIGN OU WORK DESIGN) E A APLICAO DOS PRINCIPIOS DO SISTEMA TECNICO SOCIAL E TECNICAS PARA HUMANIZAO NO TRABALHO?						
9.6	QUAL A PORCENTAGEM DE PROGRAMAS FORMAIS DE AMPLIACAO DAS TAREFAS OU ATRIBUICOES ?						
9.7	QUAL A PORCENTAGEM DE PROGRAMAS DE TREINAMENTO FORMAL DA EMPRESA COM RELACAO A PRODUCAO ENKUTA?						
9.8	QUAL A PORCENTAGEM DE TREINAMENTO DOS COLABORADORES ENGAJADOS EM MEDIDAS DE CONTROLE DE QUALIDADE (CROSS-TRAINING PROGRAMS) - CROSS - TRAINING EM OPERACOES QUE ENVOLVE O TREINAMENTO DE COLABORADORES ENGAJADOS EM MEDIDAS DE CONTROLE DA QUALIDADE?						
9.9	QUAL A PORCENTAGEM DE EQUIPES DE TRABALHO ?						
9.10	QUAL A PORCENTAGEM DE GRUPOS PARA SOLUCAO DE PROBLEMAS ?						
9.11	QUAL A PORCENTAGEM DE ENVOLVIMENTO DE DIRIGENTES ?						
9.12	QUAL A PORCENTAGEM DE FORÇAS DE TRABALHO MULTIFUNCAOES E FLEXIVEL. (FLEXIBLE CROSS FUNCIONAL WORK FORCE)?						
9.13	QUAL A PORCENTAGEM DE EQUIPES DE TRABALHO AUTO DIRIGIDAS. (SELF DIRECTED WORK TEAMS)?						
TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)							
10 - CONTROLE DA QUALIDADE ZERO DEFEITOS (CQZD)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
10.1	QUAL A PORCENTAGEM DOS PROCESSOS QUE ESTAO SOB CONTROLE, APRESENTANDO BAIXA VARIABILIDADE E ESTA E REDUZIDA CONTINUAMENTE?						
10.2	QUAL O PERCENTUAL DE REDUCAO DO TEMPO DECORRIDO ENTRE A DETECCAO DE ANORMALIDADE E A APLICAO DA ACAO CORRETIVA REALIZADA?						
10.3	QUAL O PERCENTUAL DE IDENTIFICAO E COMBATE AS CAUSAS RAIZES DE DEFEITOS (CAUSAS RAIZES SAO OS PROBLEMAS QUE DERAM INICIO AO ENCADEAMENTO DE ACONTECIMENTOS QUE GEROU O DEFEITO)?						
10.4	QUAL A PORCENTAGEM DO BAIXO INDICE DE RETRABALHO?						
10.5	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTENCIA DE ESPECIFICACOES DOCUMENTADAS A RESPEITO DAS CARACTERISTICAS DE QUALIDADE DOS PRODUTOS E DOS PROCESSOS DE FABRICAO?						
10.6	QUAL A PORCENTAGEM DE INSPECCAO NA FONTE (IDENTIFICARE E MANTER SOB CONTROLE OS ERROS GERADOS DOS DEFEITOS) AO INVES DE INSPECCAO INFORMATIVA (OCORRE O DEFEITO E TODAS AS INFORMACOES A SEU RESPEITO SAO TRANSMITIDAS AO RESPONSÁVEL PARA QUE MEDIDAS SEJAM ADQUADAS)?						
10.7	QUAL O PERCENTUAL DE EXISTENCIA DE INDICADORES DE PROCESSO E RESULTADOS RELATIVOS A QUALIDADE?						
10.8	QUAL A PORCENTAGEM DE UTILIZAO DE MEDIDAS DE CAPABILIDADE DE PROCESSOS - OS INDICES E TAXAS QUE MEDEM A CAPABILIDADE, OU SEJA, A CAPACIDADE DE UM DADO PROCESSO FABRICAR PRODUTOS DENTRO DA FAIXA DE ESPECIFICAO. INDICES DE CAPABILIDADE DE PROCESSO Cp e Cpk?						
10.9	QUAL O PERCENTUAL DE FREQUENCIA DE COMBINAÇÕES DE POKA-YOKE + INSPECCAO NA FONTE + ACÃO IMEDIATA?						
10.10	QUAL O PERCENTUAL DE INSPECCAO DE QUALIDADE EM 100% DOS ITENS?						
10.11	QUAL A PORCENTAGEM DE MÁQUINAS DOTADAS DE DISPOSITIVOS QUE DETECTAM ANORMALIDADES. TAIS COMO PEÇAS DEFEITOSAS OU QUEBRAS?						
10.12	QUAL A PORCENTAGEM DE PARADAS AUTOMATICAS DAS MÁQUINAS QUANDO ALGUMA ANORMALIDADE E DETECTADA?						

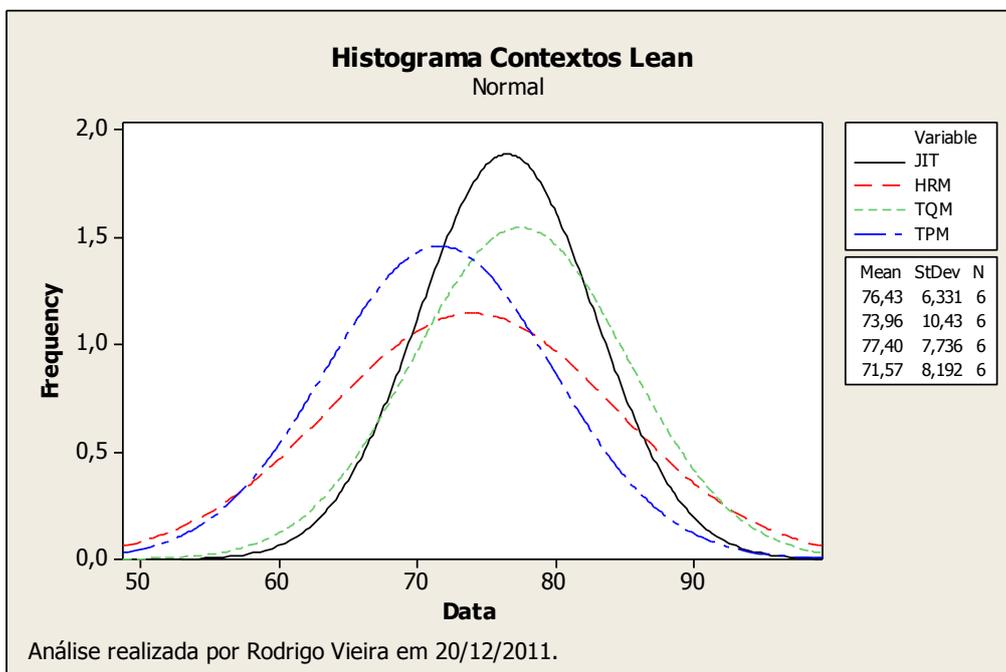
10.13	QUAL A PORCENTAGEM DE AUTONOMIA DOS FUNCIONÁRIOS DE PARALIZAR A LINHA, PARCIAL OU TOTALMENTE, BEM COMO SOLICITAR AJUDA QUANDO ALGUMA ANORMALIDADE É DETECTADA?						
10.14	QUAL A PORCENTAGEM DE PAINÉIS SINALIZADORES PARA INDICAR OS POSTOS PARALISADOS OU QUE NECESSITAM DE AJÚDIO?						
10.15	QUAL O PERCENTUAL DE REALIZAÇÕES DE AUDITÓRIAS DE QUALIDADE?						
TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
11 - MELHORIA CONTÍNUA							
11.1	QUAL A PORCENTAGEM DE PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO DA QUALIDADE?						
11.2	QUAL A PORCENTAGEM DE PROGRAMAS DE MELHORIA CONTÍNUA - FORMAL?						
11.3	QUAL A PORCENTAGEM DE EXISTÊNCIA DE ATIVIDADES E PEQUENOS GRUPOS (APG)?						
11.4	QUAL A PORCENTAGEM DE PERIODICIDADE QUE OCORRE MIKAZENS WORKSHOPS (EVENTOS CARACTERIZADOS POR TRABALHO INTENSIVO, BRAINSTORMING E ENVOLVIMENTO DE EQUIPES, GERALMENTE DE 4 A 5 DIAS DE DURAÇÃO, NOS QUAIS OS MEMBROS TENTAM LANÇAR O MÁXIMO DE MELHORIA DE ATIVIDADE OU PROCESSO)?						
11.5	QUAL A PORCENTAGEM DAS MELHORIAS REALIZADAS QUE SÃO SEMPRE PADRONIZADAS?						
11.6	QUAL A PORCENTAGEM DOS GRUPOS DE MELHORIA CONTÍNUA QUE ESTÃO UTILIZANDO AS FERRAMENTAS ESTRUTURADAS PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS, TAIS COMO 5W2H, DIAGRAMA E SPINHA DE PEIXE OU BRAINSTORMING?						
11.7	QUAL A PORCENTAGEM DAS METAS DA EMPRESA QUE SÃO DESDOBRADAS DE FORMA CLARA E OBJETIVA, AFIM DE QUE AS AÇÕES DE MELHORIAS CONTÍNUA CONTRIBUAM PARA QUE ELAS SEJAM ATINGIDAS NO PERÍODO DETERMINADO?						
11.8	QUAL A PORCENTAGEM DAS METAS DA EMPRESA QUE SÃO CLARAMENTE DEFINIDAS E SÃO COMUNICADAS A TODOS NA ORGANIZAÇÃO?						
11.9	QUAL A PORCENTAGEM DOS MEMBROS DA ORGANIZAÇÃO SÃO TREINADOS PARA TEREM CONHECIMENTO DA FILOSOFIA, PRINCÍPIOS E PRÁTICAS BÁSICAS DE PRODUÇÃO ENXUTA?						
11.10	QUAL A PORCENTAGEM DOS OPERADORES QUE RECEBEM ALGUM TIPO DE RECOMPENSA FINANCEIRA OU NÃO, PELA PARTICIPAÇÃO EM ATIVIDADES DE MELHORIA CONTÍNUA?						
11.11	QUAL A PORCENTAGEM DA ALTA GERÊNCIA QUE ESTÁ ENVOLVIDA DIRETAMENTE COM OS PROGRAMAS DE MELHORIA?						
TOTAL PREVENTIVE MAINTENANCE (TPM)		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)	NA
12 - MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (MPT)							
12.1	QUAL A PORCENTAGEM DE MANUTENÇÃO PREDITIVA E PREVENTIVA?						
12.2	QUAL A PORCENTAGEM DA EXISTÊNCIA DE TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO?						
12.3	QUAL A PORCENTAGEM DE ÊNFASE EM EQUIPAMENTOS DE NOVOS PROCESSOS E AQUISIÇÃO DE TECNOLOGIA?						
12.4	QUAL A PORCENTAGEM DE PREFERÊNCIA PELA MANUTENÇÃO PREVENTIVA, AO INVÉS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA?						
12.5	QUAL A PORCENTAGEM DE OPERADORES QUE SÃO CAPACITADOS A EXECUTAR A MANUTENÇÃO PREVENTIVA BÁSICA DE SUAS MÁQUINAS (INSPEÇÃO DIÁRIA, LUBRIFICAÇÃO E LIMPEZAS)?						
12.6	QUAL A PORCENTAGEM DE FUNCIONÁRIOS QUE SÃO TREINADOS PARA DETECTAREM ANORMALIDADES NAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS QUE USAM EM SEU TRABALHO?						
12.7	QUAL A PORCENTAGEM DO INDICADOR DE OEE (OPERATIONAL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) QUE É COLETADO DIARIAMENTE EM MÁQUINAS PRIORIZADAS SEGUNDO CRITÉRIOS OBJETIVOS (POR EXEMPLO, BAIXA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO, AUSÊNCIA DE REDUNDÂNCIA OU RISCO DE ACIDENTES)?						
12.8	QUAL A PORCENTAGEM DE CAUSAS DE INEFICIÊNCIAS DAS MÁQUINAS PRIORIZADAS PARA COLETA DO OEE SÃO REGISTRADAS, PRIORIZADAS E AÇÕES CORRETIVAS SÃO ADOTADAS?						
12.9	QUAL A PORCENTAGEM DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA ORIENTAR AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO?						
12.10	QUAL A PORCENTAGEM DE PLANEJAMENTO A CERCA DE QUAL O MELHOR MÉTODO DE MANUTENÇÃO DE CADA MÁQUINA, COM BASE EM SEUS MODOS DE FALHA PREVISTOS?						

APÊNDICE B: Análise Estatística dos Contextos *Lean*

BOX PLOT - CONTEXTOS LEAN



VARIABILIDADE- CONTEXTOS LEAN

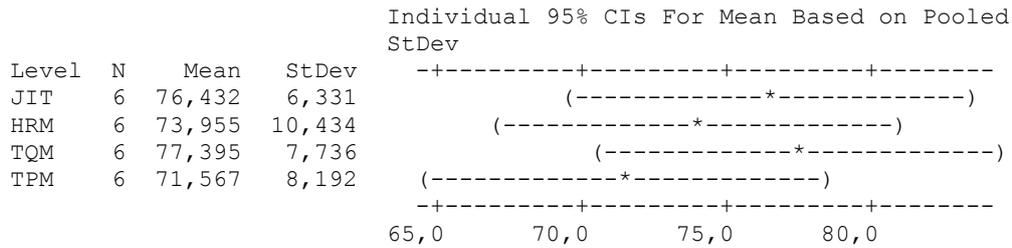


TESTE ANOVA - CONTEXTOS LEAN

One-way ANOVA: JIT; HRM; TQM; TPM

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	123,4	41,1	0,60	0,625
Error	20	1379,5	69,0		
Total	23	1502,8			

S = 8,305 R-Sq = 8,21% R-Sq(adj) = 0,00%



Pooled StDev = 8,305

CONCLUSÃO: Na análise de variabilidade (ANOVA), verifica-se que o **valor do P é inferior a 0,050** logo se comprova que existem diferenças significativas entre os contextos *Lean* analisados.