

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

GUILHERME FARIA DA SILVA RIBEIRO

**PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO E
CONTROLE DE OPERAÇÕES BASEADO NA MANUFATURA ENXUTA**

**DOURADOS
2016**

GUILHERME FARIA DA SILVA RIBEIRO

**PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO E
CONTROLE DE OPERAÇÕES BASEADO NA MANUFATURA ENXUTA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia de Produção da Faculdade de
Engenharia da Universidade Federal da Grande
Dourados

Orientador: Prof. Dr. Fabio Alves Barbosa

DOURADOS
2016

GUILHERME FARIA DA SILVA RIBEIRO

**PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO E
CONTROLE DE OPERAÇÕES BASEADO NA MANUFATURA ENXUTA**

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

Orientador: Prof. Dr. Fabio Alves Barbosa
FAEN – UFGD

Prof. Dr. Walter Roberto Hernández Vergara
FAEN – UFGD

Prof. Dra. Fabiana Raupp
FAEN – UFGD

Dourados, 29 de abril de 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R484d Ribeiro, Guilherme Faria da Silva

Projeto conceitual de um sistema de acompanhamento e controle de operações baseado na manufatura enxuta / Guilherme Faria da Silva Ribeiro --
Dourados: UFGD, 2016.

93f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Fabio Alves Barbosa

TCC (graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia,
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. manufatura enxuta e andon. 2. acompanhamento e controle da produção.
3. cultura organizacional. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Dedico esse trabalho aos meus pais, por todo o apoio e pela confiança depositada em mim, por terem acreditado em minhas capacidades e por terem me fornecido todo apoio e suporte e às minhas duas irmãs, que apesar de todas as brigas e discussões sempre demonstraram um amor imenso a mim, o recíproco também é verdadeiro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que primeiramente me forneceu vida, a sabedoria, a paciência e por me provar somente o quanto eu poderia aguentar, que nos momentos de tristeza me mostrou a felicidade e nos momentos em que me senti perdido me guiou com sua luz eterna.

Aos meus pais, Airton Faria Ribeiro e Rosilene Maria da Silva Ribeiro pelos pequenos gestos de amor, pelos pequenos eu te amo sem dizer nada, por não terem dormido enquanto chorava, por terem me criado com o melhor que podiam oferecer, por terem me ensinado o que significa não, por terem me mostrado que o caminho correto é o caminho da educação, por não terem facilitado minha vida mesmo sendo meus professores, pelas eternas lições de sabedoria e de vida, por me ensinarem pelo exemplo, mesmo não sabendo que pela observação pude aprender muitas coisas, pelos puxões de orelha que serviram para me colocar no lugar, pelos “não vá e não saia” que continham um poder de previsão e proteção, pelos abraços aos finais de semana ao dizer “final de semana eu volto” e por sempre terem me recebido com felicidade. Enfim, por serem os melhores pais que eu poderia ter pedido à Deus.

Agradeço às minhas duas irmãs, Nathália Faria da Silva Ribeiro e Heloisa Faria da Silva Ribeiro, Nathália minha irmã gêmea, minha metade, que sempre tentou proteger seu irmão mais novo e que sempre foi brigona e mandona e Heloisa a caçulinha, a teimosa, que se parece tanto com seu irmão, nos seus gostos e em seus gestos.

Agradeço ao meu Tio Francisco Dias Duarte por sempre ter me dado os melhores e mais memoráveis “pitos” de toda minha vida, e que hoje acabei adquirindo muitas de suas qualidades e também da minha Tia Ivonilda Maria da Silva Duarte por terem juntos contribuído com minha educação, por terem sempre me aceitado em sua casa e por terem me tratado como um quarto filho, mesmo já tendo três filhos.

Agradeço aos meus primos Alexandre Silva Duarte, Cesar Augusto Silva Duarte e Henrique Silva Duarte, por terem participado de toda minha infância, por termos aprendido juntos, por termos tomados “pitos” juntos e por serem meus irmãos de coração, especialmente ao Cesar Augusto Silva Duarte, que, pela faixa etária, nos tornamos grandes amigos, sempre fazendo arte no quintal, fazendo testes “bélicos” com os brinquedos, executando missões militares, entre tantas outras brincadeiras, a vocês três sempre estarei presente.

Agradeço a meu orientador, professor e mestre Fabio Alves Barbosa, que foi o maior responsável por eu poder me tornar um bom engenheiro de produção, com todas as dicas, com todos os ensinamentos e por toda a paciência em me guiar durante todo meu caminho acadêmico. Um grande aluno e um grande profissional se formam graças à um grande mestre e me sinto feliz por ter tido a oportunidade de conhecer um grande mestre.

Agradeço a meus amigos de infância Ricardo Fagner, que se tornou meu cunhado, Jean Carlos e Vitor Duarte, pois só os grandes e verdadeiros permanecem, um grande abraço.

Agradeço meus amigos que se tornaram peças importantes nesse período acadêmico, nos diversos momentos em aula, estudando, bagunçando, tirando sarro, enfim, grandes pessoas. Em especial aos senhores Márcio Hirade Jr., Rodney Oribes, Miguel Puertas, Raul Ozelin, Vinicius Barros, Renato Dias e João Antonio.

Infelizmente seria impossível agradecer todos que de alguma forma me ajudaram, mas agradeço todos familiares e amigos, pois só sou quem sou graças à todos vocês.

Muito Obrigado!

RESUMO

O presente trabalho abordou o planejamento e desenvolvimento de um sistema de acompanhamento e controle de operações produtivas, esse proposta representa um dos resultados provenientes da realização de um projeto de inovação tecnológica financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, o Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (CNPq-RHAE), de acordo com a modalidade do mesmo, criou-se uma parceria universidade-empresa para executar as atividades de pesquisa. A construção do sistema foi norteadada nos conceitos da manufatura enxuta, tais como o *Jidoka* (equipamentos a prova de falhas e autonomia operacional), por meio da utilização de dispositivos à prova de erros (*poka-yoka*) e *heijunka* (nivelamento da produção), já seu princípio de funcionamento está fundamentado no *Andon* (gestão visual que auxilia na identificação de falhas no sistema produtivo). O sistema tem por finalidade possibilitar o acompanhamento/monitoramento em tempo real dos processos industriais, transmitindo informações cruciais para a tomada de decisão relacionados à presença de anomalias que impactam o processo produtivo, seja por meio da propagação de defeitos, interrupção do fluxo de produção, falta do abastecimento de insumos e matéria-prima, erros do *setup* das máquinas e equipamentos, agilizando a realização de ações corretivas e preventivas no restabelecimento do regime normal do fluxo de produção. O principal benefício da implantação desse sistema, entretanto, está ligado à mudança de paradigma que o mesmo proporciona, por meio da modificação da cultura organizacional voltada à inovação, à eliminação de defeitos e a ao aprimoramento contínuo de processos e produtos (*Kaizen*). Dessa maneira a introdução desses conceitos, facilitadas pela utilização do mesmo, podem possibilitar que Pequenas e Médias Industriais se aproximem dos níveis de eficiência e de estratégias utilizadas por empresas líderes de mercado.

Palavras-chave: manufatura enxuta e andon; acompanhamento e controle da produção; cultura organizacional;

ABSTRACT

The present study addressed the planning and development of a system for monitoring and control of production operations, this proposal represents one of the major output from the execution of a technological innovative project sponsored by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) – the Program for Human Resources Training in Strategic Areas (RHAE), the program included creating a partnership between a university and a company to carry out the research activities. The use of lean manufacturing concepts, such as *Jidoka* (fail-safe mechanisms and automation with a human touch), through the use of mistake-proofing devices (*poka-yoke*) and *heijunka* (production leveling) oriented the development of the system and its working principle is based on the *Andon* (visual management system that assists in failure identification in the production system). The system is intended to enable real-time monitoring of industrial processes, transmitting crucial information for decision making process regarding the presence of anomalies that negatively impact the production process, such as defects propagations, interruption of production flow, lack of supply, incorrect configuration of machinery and equipment. Thus, streamlining the realization of corrective and preventive actions to restore the normal production flow regime. The main benefit of implementing this system, however, is related to the paradigm shift that it causes in the organization, by modifying the current organizational culture to one more focused on innovation, the elimination of defects and to the continuous improvement of products and processes (*Kaizen*). Hence, the introduction of these concepts, facilitated by the use of the proposed system, can enable small and medium-sized industries to achieve high efficiency levels and allow them to implement strategies performed by market-leading companies.

Keywords: lean manufacturing and andon; production monitoring and control; organizational culture;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Linha do tempo da evolução da produção enxuta.....	22
Figura 2 – Diagrama da Casa do Sistema Toyota de Produção.....	23
Figura 3 – Estrutura estratégica para desenvolvimento de produtos.....	41
Figura 4 – Fluxograma do processo produtivo.....	45
Figura 5 – Esquema elétrico (Via comunicação sem fio - rede <i>wireless</i>).....	51
Figura 6 – Esquema elétrico (Via cabeamento elétrico).....	51
Figura 7 – Representação ilustrativa do PCP e do PMMO.	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Prováveis causas e as possíveis soluções dos sete desperdícios do STP.....	29
Quadro 2 – Lista de materiais do sistema proposto.....	52
Quadro 3 – Codificação dos botões coloridos do PCO (operações).....	54
Quadro 4 – Codificação de cores no PMMO – Setor de PCP.....	55
Quadro 5 – Codificação de cores no PMMO – Setor de Manutenção	56
Quadro 6 – Codificação de cores no PMMO – Setor de Almoxarifado.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BOM – Bill Of Materials (lista de materiais de um produto)

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

JIT – Just-in-Time

LAQ – Laboratório de Análise Química

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MRP – Material Resources Planning (Planejamento das necessidades de materiais)

MS – Ministério da Saúde

NIPI – Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual

NUMMI – New United Motor Manufacturing, Inc

PCO – Painéis de Comportamento Operacional

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos

PMMO – Painéis Modulares de Monitoramento Operacional

PPCP – Planejamento, Programação e Controle da Produção

RHAE – Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM – Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

TQM – Total Quality Management (Gerenciamento Total da Qualidade)

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Contextualização.....	12
1.2 Apresentação do problema.....	13
1.3 Objetivos do Trabalho	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Justificativa	15
1.5 Estrutura do Trabalho	17
2 METODOLOGIA EMPREGADA.....	18
3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	20
3.1 Descrição e Principais Atividades	20
3.2 Acompanhamento e Controle da Produção	20
3.3 Manufatura Enxuta	21
3.3.1 Evolução Histórica	21
3.3.2 Os Pilares do Sistema Toyota de Produção.....	23
3.3.3 Os Desperdícios do STP	28
3.3.4 Principais conceitos e ferramentas	31
3.3.5 Sistema Andon.....	35
4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	39
5 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....	44
5.1 Contextualização.....	44
5.1.1 Caracterização da empresa estudada e do processo produtivo	44
5.2 Projeto do sistema de acompanhamento da produção	47
5.3 Resultados obtidos	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6.1 Trabalhos Futuros	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICE A – macroatividade 1 – análise do ambiente industrial (projeto CNpq-RHAE) .	70
APÊNDICE B – declaração abertura processo de patente	90

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria brasileira, desde a última década, é um dos setores da economia que vem continuamente perdendo competitividade, o crescimento dos níveis salariais dos trabalhadores, o aumento do preço da energia, a queda dos índices de produtividade e a variação das taxas de câmbio são fatores que colaboraram para esse atual panorama, dessa maneira faz se necessário tomar medidas que possam reverter tal tendência, expandindo a capacidade da indústria brasileira em atrair investimentos e ganhar espaço no mercado internacional, assim a adoção de métodos, conceitos, procedimentos, ferramentas e técnicas de gerenciamento de produção consolidadas podem contribuir com a mudança desse cenário. Nesse contexto, Schumpeter (2008) afirma que o poder de competição está diretamente ligado à introdução de atividades inovativas em produtos e processos, na qual a melhoria da competitividade apresenta forte relação com o desenvolvimento de novas metodologias e estruturas voltadas ao gerenciamento e otimização de processos de manufatura.

Nesse contexto, o desenvolvimento de um novo Sistema de Acompanhamento e Controle de Operações, fortemente alinhado à uma consolidada abordagem tal como a produção enxuta, cujo foco está relacionado ao aperfeiçoamento do desempenho organizacional, seja em termos de aumento de produtividade, redução de custos e ganhos de competitividade, pode representar uma solução para esse atual problema da indústria nacional.

Segundo Fullerton et al. (2009), o desenvolvimento da produção enxuta remonta ao período pós-guerra, época na qual as indústrias japonesas apresentavam baixa produtividade e escassez de recursos. Dessa forma, a *Toyota Motor Company*®, buscava inverter tal situação, definindo como objetivos organizacionais o aumento de produtividade e lucratividade, reduzindo custos de produção e aumentando sua competitividade, assim a partir de iniciativas e experiências de Taiichi Ohno durante seus trabalhos na Toyota, conjuntamente com Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda e Eiji Toyoda se deu o início do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (STP).

A Manufatura enxuta tem por finalidade a eliminação sistemática das perdas/desperdícios decorrentes das operações produtivas de uma indústria, por meio de práticas de trabalho sinérgico para a fabricação de produtos e realização de serviços baseados em seu nível de demanda (SIMPSON e POWER, 2005). A produção enxuta se caracteriza por

um conceito de múltiplos fatores, que podem estar presentes em diversas práticas organizacionais, assim como: *Just in time* (JIT), Manutenção Preventiva Total (TPM), Gerenciamento Total da Qualidade (TQM), gestão de recursos humanos e controle dos processos produtivos (SHAH e WARD, 2007; LINDERMAN, SCHROEDER e CHOO, 2006; SWINK, NARASIMHAN e KIM, 2005; MCKONE, SCHROEDER e CUA, 2001), sendo assim, a manufatura enxuta é definida como um conjunto de práticas que visam a redução de desperdícios e operações não agregadoras de valor aos processos produtivos de uma empresa (BROWNING E HEATH, 2009; LI et al., 2005; WOMACK; JONES E ROOS, 2004; MCLACHLIN, 1997;).

Para Tu et al. (2006), as práticas de produção enxuta têm por objetivo aumentar os níveis de produtividade da manufatura, a partir da redução de tempos de setup e do processo de inventário, diminuindo os tempos de rendimento e, assim, melhorando, como um todo, o desempenho da empresa no mercado na qual está inserida. A aplicação da manufatura enxuta, conjuntamente, com ferramentas/técnicas de gerenciamento da qualidade tal como o Seis Sigma, permite que a organização produtiva encontre soluções práticas dos problemas encontrados nos seus processos de negócios, podendo, assim, satisfazer as necessidades do cliente, aumentar sua responsividade e reduzir tempos de espera (SHAH e WARD, 2007). Desta forma, a aplicação de práticas da produção enxuta, as empresas procuram melhorar sua capacidade de agregação de valor aos consumidores, com relação a preços mais baixos e produtos com maior qualidade, melhorando de forma global a performance das empresas no mercado competitivo (WARD e ZHOU, 2006). Matt e Rauch (2013) definem que a manufatura enxuta pode ser desenvolvida/aplicada em empresas de todos os portes, seja em grandes multinacionais até micro e pequenas empresas e que a inserções de conceitos da produção enxuta são fundamentais para a empresa aumentar sua produtividade e apresentar ganhos de competitividade em seu mercado de atuação.

1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O controle visual das operações produtivas está baseado em uma nova abordagem do Sistema Andon, que para Kosaka (2006), é uma ferramenta de gestão visual que apresenta o status das operações produtivas de uma organização produtiva e informa sobre a ocorrência de anormalidades no processo, e segundo Jorge Jr. (2003) o Andon tem por objetivo alcançar uma estabilidade para o processo produtivo e detectar, de forma imediata, anomalias/problemas que

atrapalham/impedem um fluxo produtivo correto e sem distúrbios, representando, ainda, uma ferramenta sistêmica que apoia o processo de melhoria contínua na empresa.

Segundo Smalley (2005), um problema encontrado nos atuais softwares de planejamento e controle da produção, baseados na lógica MRP (*Material Resources Planning*), está no fato dos mesmos serem programados respeitando um determinado período de tempo pré-definido, podendo variar do período de hora até semanas, porém a realidade do chão de fábrica sofre constantes mudanças ao longo do turno de trabalho, situação que se intensifica em organizações produtivas com alta variabilidade de componentes e *mix* de produtos, esses softwares (baseados em MRP) mostram-se muitos sensíveis a altas variações do *lead time* de produção. Portanto, se o *mix* de produtos da empresa muda constantemente as ordens de produção sofrerão também frequentes mudanças, dificultando a aplicação de conceitos da manufatura enxuta.

Desta forma, para resolver tal problemática, buscou-se desenvolver um sistema capaz de acompanhar, por meio do controle visual das operações produtivas, o *status* real da produção no chão de fábrica integrado ao software de programação de produção, pois ao acompanhar de forma contínua o real estado atual da produção o responsável pelo setor de PCP (Planejamento e Controle da Produção) é capaz de atualizar as ordens de produção continuamente, de forma a respeitar as reais necessidades produtivas da empresa, melhorando a tomada de decisão relacionados a problemas que surgem durante o dia, tornando o sistema de produção mais confiável, ágil e responsivo.

Nesse sentido, a questão principal do trabalho aborda uma necessidade atual do desenvolvimento de um sistema de acompanhamento e controle visual de operações produtivas e atividade de apoio, que permita um monitoramento contínuo das ordens de produção e do estado atual do ambiente produtivo e integrado a um aplicativo de programação da produção, permitindo uma programação da programação mais concernente ao estado do chão de fábrica, que facilite o controle/resolução de problemas das áreas produtivas e atividades de apoio, diminuindo, assim, também a ociosidade dos operadores, entre outros.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto conceitual de um sistema baixo-custo, com aplicação em Pequenas e Médias Indústrias, para o acompanhamento/controle visual em tempo real da

execução das ordens de produção programadas para o sistema produtivo integrado a um software de programação da produção.

1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos do estudo desenvolvido, destacam-se:

- Elaborar um sistema que permita a sincronização das operações produtivas, assegurando tempos de processamento relativamente semelhantes e permitindo equilibrar a utilização de capacidade produtiva entre os centros de trabalho;
- Confeccionar um sistema capaz de reduzir os tempos improdutivo relacionados ao processamento das ordens de produção, possibilitando a diminuição dos custos de produção, aumento dos níveis de qualidade, produtividade e flexibilidade operacional;
- Construir um sistema para integrar as operações produtivas às suas principais atividades de apoio (requisições de materiais/insumos, solicitações de manutenção e preparações de máquinas/equipamentos), proporcionando maior agilidade na solução de problemas que eventualmente possam ocorrer na execução das ordens de produção;
- Desenvolver um sistema que possibilite maior interação do setor de PCP com os funcionários direta e indiretamente ligados à produção (operadores, almoxarifes e mecânicos de manutenção).

1.4 JUSTIFICATIVA

O projeto desenvolvido está embasado em uma premissa defendida por Warren (2008) de que o aumento de competitividade depende da inserção de novas modalidades tecnológicas como forma de adequação das estruturas organizacionais frente às necessidades e exigências de mercado. Segundo IBGE-PINTEC (2011) e Manual de Oslo (2005), a inovação de processo abrange a inserção de métodos de produção novos e/ou substancialmente aprimorados, que envolvem alterações em técnicas, máquinas, equipamentos ou *softwares* empregados nos processos industriais, resultando em melhorias na qualidade do produto, custos de produção e disponibilização. Dessa forma, a importância da pesquisa está diretamente ligada à atual importância das técnicas e ferramentas ligadas aos princípios de Produção Enxuta, que se

caracterizam como ferramentas de apoio ao complexo gerenciamento do sistema de manufatura integrada – e que contempla atividades externas ligadas ao suprimento de materiais/insumos (fornecedores) e à disponibilização dos produtos aos consumidores/usuários finais.

Assim, a preocupação central do sistema proposto está relacionada à estabilização do processo produtivo, que compreende todas as operações de fabricação e montagem dos produtos – esse aspecto se traduz em uma melhor capacidade de resposta frente a contingências (aumento da flexibilidade operacional) e maior confiabilidade do sistema de manufatura para cumprimento dos pedidos de venda (e respectivas datas de entrega). Por conseguinte, também são beneficiadas as atividades ligadas à melhoria da produtividade e qualidade dos produtos/processos, bem como a redução dos custos operacionais devido à redução de tempos improdutivos e desperdícios de recursos referentes ao consumo de materiais/insumos, uso de horas-homem e horas-máquina. Também, o sistema delineado pode ser compreendido como um sistema de comunicação integrativo, possibilitando que o comportamento de toda a cadeia interna de operações de uma indústria seja monitorado em tempo real pelos principais setores de apoio à manufatura, sendo que os mesmos obtenham informações atualizadas em tempo real sobre a ocorrência/natureza de eventuais situações anômalas que possam desencadear a paralisação do fluxo normal de produção.

Dentro do sistema proposto, o monitoramento da execução das ordens programadas é realizado por meio da comparação entre o carregamento realizado pelo aplicativo e as informações transmitidas no exato instante em que ocorrem pelos centros de trabalho através da ativação/desativação de sinaleiros luminosos.

O presente trabalho busca solucionar os problemas já apresentados através do desenvolvimento de um sistema de acompanhamento e controle visual de operações produtivas e respectivas atividades de apoio integrado a um *software* de programação com interface gráfica de carregamento de ordens de produção baseada em Gráficos de Gantt com linha de monitoramento temporal (*dynamic time line*). Portanto, o referido sistema opera interligado com painéis modulares de monitoramento operacional compostos de sinaleiros luminosos coloridos instalados nos setores de Planejamento e Controle da Produção (PCP), Manutenção e Almoxarifado que indicam o comportamento em tempo real das operações constituintes no sistema produtivo. Também, os centros de trabalho possuem painéis de comportamento operacional formado por botões iluminados coloridos que são acionados pelos operadores para informar o estado atual da execução da ordem de produção programada, conforme quatro

possíveis estados: (1) situação da operação, (2) requisição de materiais/insumos, (3) solicitação de manutenção corretiva/preparação e (4) solicitação do apoio de PCP.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 introduz um breve histórico da criação do Sistema Toyota de Produção e define sua importância no mercado, relacionado à melhoria do desempenho e competitividade industrial. Em seguida, apresentaram-se os objetivos, problemas, justificativa e a metodologia utilizada no desenvolvimento do tema proposto.

Já o Capítulo 2 descreve a metodologia empregada para construção/elaboração desse trabalho.

No Capítulo 3 é brevemente descrito a função Planejamento e Controle da Produção, as principais atividades, de acordo com diversos autores e, por fim, apresenta as finalidades e utilidades da função ‘Acompanhamento e Controle da Produção’. E também são apresentados os conceitos necessários para o desenvolvimento do sistema proposto. Onde, são exibidos os principais conceitos da manufatura enxuta, e alguns modelos e lógicas dos principais sistemas de planejamento, programação e controle da produção.

O Capítulo 4 discorre sobre o Processo de Desenvolvimento de Produtos, ferramentas e metodologias de desenvolvimento que nortearam a elaboração do sistema no que tange à lógica de atividades a serem executados de modo a transformar a ideia inicial em um projeto conceitual, com a definição de lista de materiais e princípios de funcionamento.

No Capítulo 5, caracterizou-se o ambiente produtivo estudado para desenvolvimento do sistema, e apresentou-se o projeto do sistema de acompanhamento, o detalhamento da lista de materiais, representação ilustrativa dos componentes e subcomponentes e, finalmente, a lógica/princípios de funcionamento do mesmo.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta considerações finais sobre o desenvolvimento do sistema de acompanhamento e controle da produção, os benefícios esperados com a implantação do mesmo e, visando a melhoria contínua/evolução do sistema, propôs-se temas para trabalhos futuros, com a possibilidade de incrementos, inclusões de tecnologias e inovações que possibilitam melhorar o desempenho e eficiência operacional.

2 METODOLOGIA EMPREGADA

A estruturação metodológica da presente pesquisa, quanto a sua natureza, é caracterizada pela pesquisa aplicada, que de acordo com Barros e Lehfeld (2000), tem como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o objetivo de aplicação prática, visando à solução de um problema específico, que se trata da atual insistência de um sistema de acompanhamento e controle visual e operações produtivas com integração à aplicativo de programação da produção. Já de acordo com seus objetivos, o trabalho proposto se define como pesquisa exploratória, pois para Gil (2008), estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior proximidade com o problema, objetivando torná-lo mais compreensível ou a constituir hipóteses, pois o trabalho proposto tem a finalidade de desenvolver um novo sistema, sendo um assunto ainda pouco conhecido e explorado.

Quanto aos procedimentos a pesquisa aqui delineada, assim como proposto por Gil (2008), faz-se necessário um estudo de caso, que para Nakano (2000), possui natureza empírica e busca investigar determinados problemas realísticos, principalmente quando os mesmos não estão claramente definidos e de acordo com, assim como qualquer pesquisa, ela depende também de uma pesquisa bibliográfica, assim Severino (2007) considera que a pesquisa bibliográfica é um procedimento metodológico fundamental para a produção do conhecimento científico e consiste, inicialmente, na seleção/compreensão de documentos que tenham estreita relação com o problema de pesquisa. Normalmente, o principal objetivo é a ampliação e domínio do conhecimento disponível para auxiliar na fundamentação de hipóteses e construção de modelos (LAKATOS e MARCONI, 2010).

Como supracitado, o desenvolvimento do sistema de acompanhamento/controle da produção se fundamentou na adaptação da sistemática/lógica adaptado da metodologia de desenvolvido de produtos proposta por Clark e Wheelwright (1993) que é dividido pelas seguintes etapas e atividades: (1) Conceituação e Desenvolvimento, caracterizando a elaboração da arquitetura (sistemas, subsistemas e componentes) e a realização de estudos técnicos para o embasamento da elaboração dos conceitos finais dos produtos; (2) Projeto do Produto, que está ligado, para esse modelo, à suas particularidades eletroeletrônicas, lista de materiais e detalhamento do esquema de funcionamento do sistema.

Por fim, com base na metodologia utilizada, assim como supramencionado, a pesquisa se fundamentou em uma abordagem exploratória, viabilizada através de pesquisa bibliográfica

e estudo de caso e os procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho em questão estiveram também baseados na realização das seguintes etapas sequenciais e interdependentes:

- Sistematização do conhecimento através da construção do referencial teórico abordando os temas planejamento e controle da produção, manufatura enxuta e *Andon* e processo de desenvolvimento do produto;
- Utilização da metodologia de desenvolvimento do produto proposta por Clark e Wheelwright (1993), que foi adaptada e empregada como modelo referencial para o desenvolvimento conceitual, compreendendo a elaboração da arquitetura (sistemas, subsistemas e componentes), realização de estudos e análises técnicos para proposição de conceito final do sistema, detalhamentos das funções (lógica de funcionamento e esquemas técnicos representativos);
- Análise/Diagnóstico do sistema produtivo da BIOLIMP (observações *in loco*, mapeamento do processo e elaboração do mapofluxograma);
- Execução do projeto conceitual do sistema de acompanhamento da produção, baseado em técnicas de controle visual presentes da produção enxuta (*andon*);
- Elaboração do projeto eletroeletrônico conceitual e da lista de materiais (BOM- *Bill of Materials*) para o sistema proposto, considerando, de forma individual a utilização de dois métodos de transmissão para o acionamento dos sinais luminosos (comunicação sem fio e cabos elétricos);
- Patenteamento do sistema em questão.

3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

3.1 DESCRIÇÃO E PRINCIPAIS ATIVIDADES

O Planejamento e Controle da Produção/PCP constitui a base em que se apoiam os mecanismos de gerenciamento das operações industriais, pois representa uma função relacionada diretamente com o planejamento, direção e controle do suprimento de materiais e das atividades referentes ao processo produtivo (BURBIDGE, 1988). Também, o principal objetivo do PCP está no cumprimento do plano de vendas através do ciclo de programação, execução e acompanhamento da produção para posterior disponibilização dos produtos aos mercados consumidores. Além disso, deve-se realizar tal objetivo por meio da otimização do capital e capacidade produtiva em termos de mão-de-obra e equipamentos.

Para Vollmann et al. (2006), as atividades do PCP são divididas em três horizontes de planejamento: (1) longo prazo (decisões sobre a capacidade em termos de instalações, equipamentos e fornecedores); (2) médio prazo (decisões relativas à otimização do “suprimento/demanda” e “volume/mix de produtos”, tendo por base o planejamento das necessidades de matérias-primas/insumos, materiais em processo e produtos acabados para atendimento da demanda final) e (3) curto prazo (programação dos recursos de manufatura para atender as necessidades do sistema de produção, ressaltando-se o acompanhamento das ordens de produção e compras, alterações de pedidos dos clientes, utilização de capacidade em termos de mão-de-obra e equipamentos, consumo de materiais/insumos e mensuração do desempenho individualizado de fornecedores e operações produtivas).

Já Tubino (2009) classifica as atividades desenvolvidas pelo PCP como planejamento estratégico da produção (baseado na previsão de vendas e disponibilidade de recursos produtivos e capital), programação-mestre da produção (considerando o plano de produção inicial e previsões de vendas de médio prazo), programação da produção (fundamentada na “explosão do programa-mestre” para geração de ordens de produção/compras, estruturas multiníveis e registros de estoques dos materiais/produtos) e acompanhamento/controle da produção (elaborado através da coleta e análise de dados/informações para assegurar a execução do programa de produção).

3.2 ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O Acompanhamento e Controle da Produção segundo Tubino (2009), através da coleta/análise de dados, visa garantir que o programa de produção emitido seja realizado,

quanto mais agilidade o sistema apresentar em relação à identificação dos problemas, mais efetiva será a resolução dos mesmos, apresentando medidas corretivas mais assertivas. De forma geral, Tubino (2009), ainda relata que a função acompanhamento e controle de produção apoia o sistema produtivo, visto que as atividades que foram planejadas e programadas sejam cumpridas no período correto, sendo assim seu objetivo está relacionado a identificação dos desvios, sua magnitude, transmitindo informações para os gerentes, para facilitar e dar suporte à tomada de decisão. Além do fornecimento de informações ao setor de PCP, o Acompanhamento e Controle da Produção também está, geralmente, encarregado de coletar dados (número de falhas, quantidade de defeitos, horas/máquinas e horas/homens consumidas, consumo de materiais, índices de quebras de máquinas, etc.) para outros setores do sistema produtivo.

Observa-se que a função Acompanhamento e controle da produção é subutilizada e não opera de forma eficiente, dessa maneira a integração do sistema de detecção de anomalias com a função acompanhamento e controle da produção, certamente (interligado diretamente ao setor de PCP – que é responsável pela atividade de programação da produção), permitirá uma maior participação dos operadores no controle da execução das ordens alocadas em termos de autonomia para solicitar a qualquer tempo a realização de manutenção, *setup* e ajustes, reprogramações ocasionais e abastecimento de materiais/insumos, ocasionando em menor ociosidade dos operadores, proporcionando mais produtividade organizacional e redução de custos gerais.

3.3 MANUFATURA ENXUTA

3.3.1 Evolução Histórica

Ao definir o que é a produção enxuta, primeiramente se faz necessário um estudo de sua evolução histórica, de forma que se possa identificar as diversas perspectivas que contribuíram para a construção desse conceito, tão amplamente utilizado nas organizações produtivas atuais. A Figura 1 demonstra as principais etapas que colaboraram para a compreensão/entendimento atual dos conceitos/princípios da produção enxuta. A Manufatura enxuta Produção enxuta foi desenvolvida no Sistema Toyota de Produção (STP) a partir de ações de Taiichi Ohno. O STP só foi formalmente introduzido nos EUA por volta de 1984, quando a *New United Motor Manufacturing, Inc.* (NUMMI) constituiu uma *joint venture* entre a General Motors e a Toyota,

contudo aplicações de conceitos da manufatura enxuta nas indústrias norte americanas ocorreram muito antes da criação da *joint venture*, acontecendo de forma fragmentada ao longo do tempo. O STP é um sistema extremamente complexo e multifacetado, dessa forma os gestores norte-americanos encontraram grandes dificuldade em aplicar seus princípios e compreender a verdadeira natureza do processo da produção enxuta. Os gerentes americanos, devido a seus perfis conservadores sempre estavam muitas vezes focados em um único aspecto, visível do processo, enquanto os aspectos invisíveis, altamente interdependentes e ligados ao sistema como um todo não eram monitorados e controlados e até mesmo eram ignorados (SHAH E WARD, 2007).

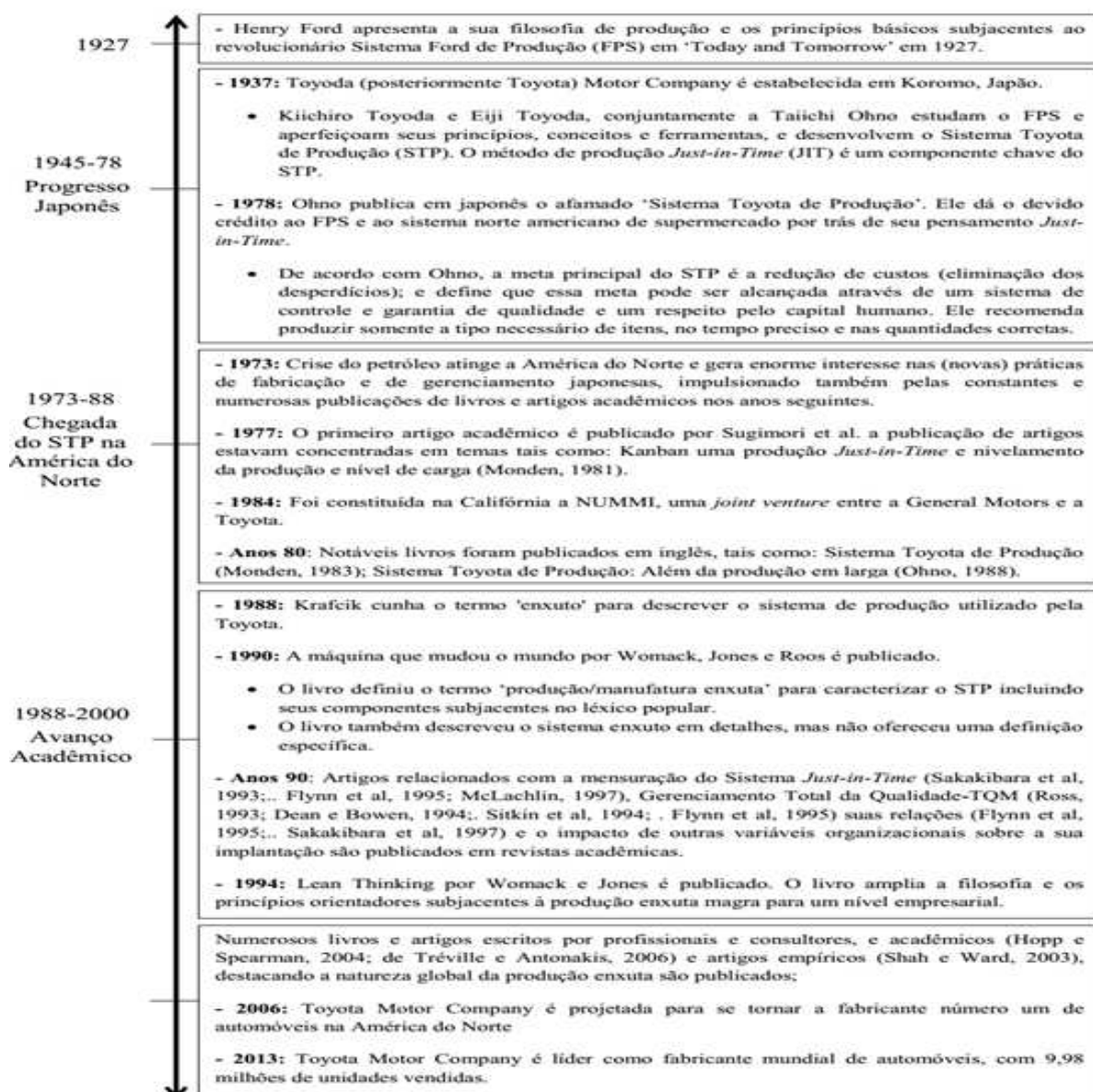


Figura 1 – Linha do tempo da evolução da produção enxuta

Fonte: Adaptado de Shah e Ward, 2007

3.3.2 Os Pilares do Sistema Toyota de Produção

A aplicação do STP no chão de fábrica apresentava ótimos resultados com o passar do tempo, os operadores e gerentes da Toyota estavam constantemente aprendendo e aperfeiçoando os métodos da manufatura enxuta através da prática no chão de fábrica. Apesar da Toyota, na época, ser uma empresa relativamente pequena, a comunicação se apresentava com um ponto forte, pois a disseminação das melhores práticas desenvolvidas para o STP eram, quase que instantaneamente, incorporadas às outras fábricas da Toyota e, finalmente, aos seus fornecedores, entretanto, com o amadurecimento das práticas e métodos consolidados dentro da Toyota, tornou-se claro para Taiichi Ohno e os disseminadores do STP, que a tarefa de ensinar os conceitos enxutos e seus princípios era um atividade que não tinha fim. Então, Fujio Cho, pupilo de Ohno, elaborou uma representação simples do STP, o que seria, posteriormente conhecido como a Casa do Sistema Toyota de Produção (LIKER, 2004). A Figura 2 demonstra uma representação da Casa do STP.

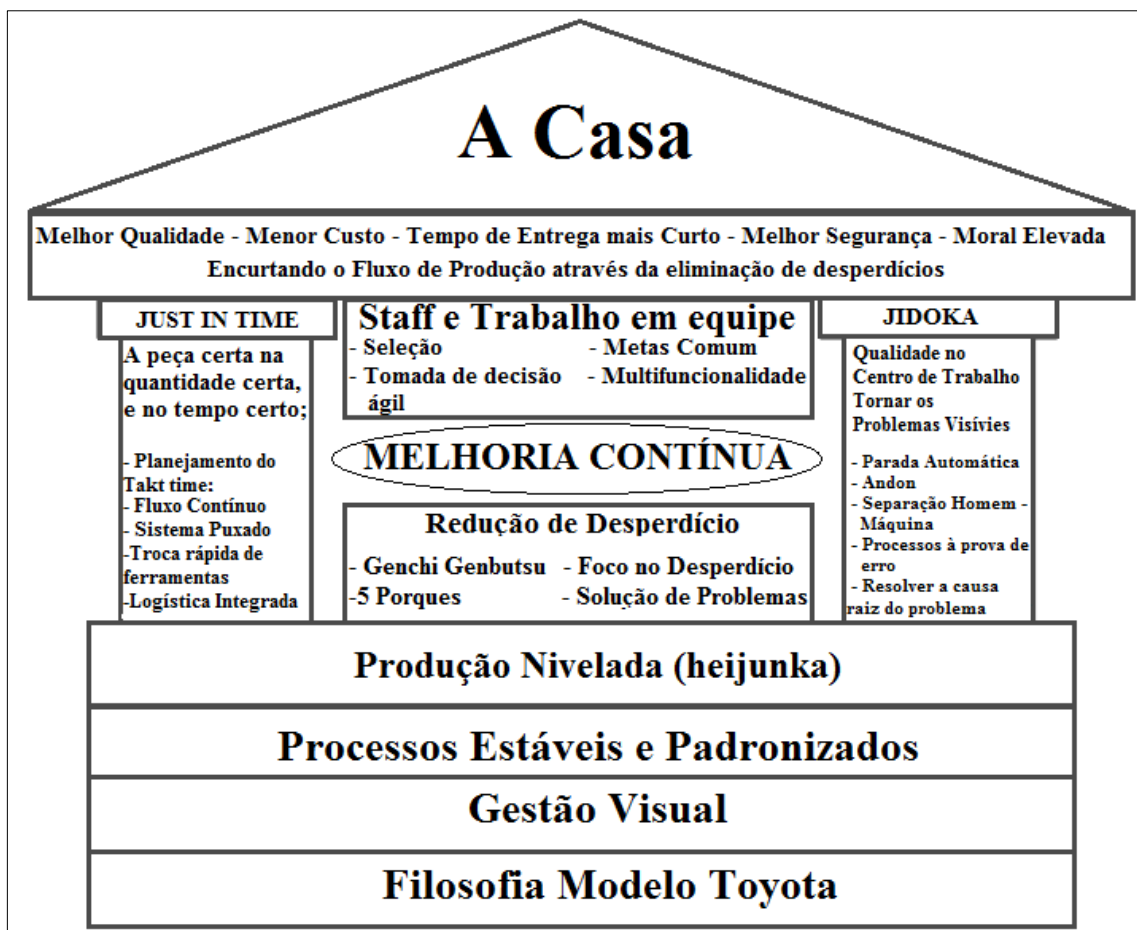


Figura 1 – Diagrama da Casa do Sistema Toyota de Produção.
Fonte: Adaptado de Liker, 2004

Assim, de acordo com Liker (2004), o diagrama da casa STP se tornou um dos símbolos mais reconhecidos no léxico dos disseminadores do Sistema Toyota. A casa só é forte se o telhado, seus pilares, e a fundação são bem estruturadas, somente um elo fraco pode enfraquecer e desestabilizar todo o sistema. Os princípios fundamentais da casa estão relacionados com os objetivos de melhor qualidade, menor custo e menor prazo de entrega, que podem ser visualizados no telhado. Os dois pilares principais e sustentadores do STP são o *Just-in-Time* (JIT), considerado a característica mais importante e intrinsecamente ligado ao STP, e *Jidoka* (autonomação), que se trata do fato de nunca permitir que um defeito seja transmitido para a operação posterior e que as máquinas ao detectarem problemas/anomalias parem imediatamente, sem a necessidade de intervenção humana.

Ainda, segundo Liker (2004) o elemento central do sistema são as pessoas, e que existem diversos componentes fundamentais para o correto funcionamento do STP, tais como a necessidade processos padronizados, estáveis e confiáveis e também o *heijunka*, que está relacionado com o nivelamento da produção. A programação nivelada (*heijunka*) é essencial para manter a estabilidade do sistema e possibilitar o estoque mínimo.

3.3.2.1 O pilar Just-in-Time

Barbosa (1999), define que o *Just-In-Time* (JIT) se trata de filosofia de manufatura, extremamente complexa e abrangente, que tem por finalidade obter um sincronismo sinérgico entre a manufatura e a demanda definida para os produtos acabados. A abordagem JIT busca eliminar qualquer atividade, operação e processo não agregadores de valor à cadeia produtiva, e está fundamentado em uma forte integração e flexibilização dos processos buscando a redução de custos, aperfeiçoamento dos níveis de qualidade e produtividade e atendimentos dos prazos de entrega, relacionados à clientes internos e externos à organização. O *Just-In-Time* requer alto comprometimento/engajamento da força de trabalho, e motivação para a ágil resolução de problemas, possibilitando um aprimoramento contínuo da *performance* do sistema produtivo, disseminados a todos os níveis da corporação. Nesse sentido, Jorge Jr. (2003) afirma que a metodologia *Just-in-Time* determina que os processos devam produzir a peça certa, no tempo requerido e na quantidade exigida. Ohno (1997), também destaca que os processos produtivos baseados em JIT apresentam um fluxo na qual todos os matérias-primas e insumos necessários à montagem/fabricação de determinado produto chegam à linha no exato momento em que são necessários e nas quantidades corretas, desta forma obtendo-se elevada redução nos níveis de

estoque. Com a utilização dessa abordagem, o desperdício, as anomalias e as irracionalidades podem ser eliminadas, melhorando o desempenho da organização.

Por fim, Alves (1995), estabelece que há três princípios fundamentais na qual o JIT é desenvolvido, assim como descritas abaixo:

- A primeira está fundamentada na integração e otimização do processo produtivo, e determina que toda operação que não agrega valor ao produto final deve ser eliminado do sistema. Nesse sentido, o JIT busca eliminar, atividades tais qual a inspeção, o retrabalho, o excesso de estoque, entre outros e afirma que a maioria das funções improdutivas presentes no sistema deriva à falha nos projetos de processo, que apresentam ineficiência ou incapacidade de funções iniciais. Dessa maneira, o conceito ligado à integração e otimização deve esta focada na concepção, elaboração e projeto de um novo produto/processo;
- A segunda está relacionada ao conceito de melhoria contínua (*Kaizen*), na qual o JIT tem por finalidade promover o desenvolvimento de sistemas internos que estimulem a cultura organizacional de melhoria constante, não somente focando nos métodos, procedimentos e processos, mas também no capital humano. Fomentar o espírito do trabalho em equipe, a visão sistêmica, revalorização do trabalho, em todos os níveis da empresa. Esta mentalidade possibilita um melhor desenvolvimento das capacidades e habilidades humanas. O JIT trata-se então de uma filosofia que deve ser disseminado por toda a organização produtiva, o que permite a criação de uma base de confiança, obtida pela transparência e honestidade das ações. Isto é fundamental para ganhar e manter vantagem competitiva;
- Já o terceiro princípio fundamental do JIT está intimamente ligado ao entendimento do comportamento e ao atendimento das necessidades/expectativas dos clientes, ou seja, o sistema deve estar focado em atender o cliente nos requisitos relacionados à qualidade do produto, prazo de entrega e custos. Outro ponto fundamental é a integração dos fornecedores à logica JIT, assim os mesmos também devem fazer parte dos objetivos da empresa, e estarem empenhador na busca pelo mesmos requisitos, visto que empresa é uma cliente direta de seus fornecedores, a conexão Clientes-fornecedores constituem uma extensão do processo de manufatura da empresa, transmitindo a filosofia JIT por toda a cadeia produtiva na qual está inserida.

3.3.2.2 O pilar Jidoka

O Jidoka surgiu quando Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyota, dentre suas diversas invenções, projetou, no início do século 20, um tear que parava automaticamente sempre que um fio se rompesse, o desenvolvimento desse invento permitiu que Sakichi elaborasse um sistema, que no futuro, se tornaria um dos dois pilares do Sistema Toyota de Produção, o conceito denominado *Jidoka* – automação com um toque humano (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2009; LIKER, 2004).

Liker (2004), atesta que, essencialmente, *Jidoka* significa elaborar um processo/equipamento à prova de falhas, também refere-se ao desenvolvimento de operações e equipamentos de forma que os trabalhadores não estejam vinculados/presos a máquinas e são livres para realizar um trabalho que agregue valor, ou seja, com a utilização de dispositivos à prova de erros (*baka-yoke*), de acordo com Lean Institute Brasil (2009), atualmente na Toyota, qualquer nova máquina, antes de ser disponibilizada para utilização pelo setor de produção, passa por um processo de instalação de diversos dispositivos, sejam estes mecânicos, elétricos ou eletrônicos, que atestam a presença de qualquer anormalidade e fazem a máquina parar e sinalizar ao operador, evitando assim a produção com defeito. Assim, enquanto a máquina está em funcionamento não é necessário a presença constante do operador, dessa forma, um único trabalhador é responsável por várias máquinas e/ou equipamentos, o que possibilita uma redução do número de funcionários e, conseqüentemente, um aumento na eficiência da produção. (OHNO, 1997).

Lean Thinking (2014), define que um sistema baseado em *Jidoka* deve apresentar cinco pensamentos básicos, assim como abaixo elencados:

- A qualidade percebida pelo cliente é o norteador da proposição de valor;
- Todos os métodos de garantia da qualidade, pois mais modernos que sejam, devem ser incorporados ao sistema produtivo;
- A máquina/equipamento deve ser desenvolvido buscando a capacidade de detecção de problemas e dispositivos de parada automática. Desenvolver um sistema visual que alertem os devidos responsáveis (equipe, supervisores, gerentes, etc.) que uma máquina ou processo requer assistência. O *Jidoka* (máquinas com inteligência humana) é a base para "a construção da" qualidade;
- Projetar dentro da organização, sistema de suporte para a rápida solução de problemas e construção/aplicação de medidas preventivas;

- Desenvolver na cultura organizacional a filosofia de que parar ou diminuir o ritmo da produção para alcançar os níveis de qualidades abrandar já na primeira vez, impacta em melhores índices de produtividade à longo prazo.

Ghinato (1996), destaca, também, que o objeto fundamental da autonomação (*Jikoka*) está centrada no impedimento do surgimento e propagação de defeitos e eliminação sistemática de qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Após a interrupção da produção, pela parada da máquina ou pelo desligamento pelo próprio operador, de forma imediata o problema toma-se visível ao próprio operador e à supervisão, desencadeado um esforço conjunto da equipe na identificação da causa fundamental do problema e posterior eliminação, tais práticas evitam a reincidência do problema e conseqüentemente reduzem as paradas da linha, a paralisação da máquina ou da linha de produção, com a imediata busca de levantamento e correção das causas, tornou-se o procedimento chave na obtenção dos índices de qualidade superiores das fábricas da Toyota.

Por fim, de acordo com Jorge Jr. (2003), o *Jidoka* apoia o JIT, visto que sua finalidade é garantir que somente peças sem defeitos sejam transmitidas às próximas etapas do processo, pois para o STP, quando ocorre uma anomalia, a linha de produção deve ser interrompida, e que os esforços das equipes devem ser direcionados à resolução/eliminação do problema. O objetivo então, do sistema não está focado somente na resolução da anomalia, mas também na identificação da causa fundamental do problema, eliminando o mesmo, seja por meio de medidas preventivas ou por melhorias no processo. Dentro da filosofia do STP operações só devem ser realizadas quando há um pedido firme, e no momento que o pedido é gerado, devem ser precisas, implicando em um sistema capaz de fazer certo desde a primeira vez.

3.3.2.3 Considerações: casa do sistema Toyota de produção

No conceito da casa do STP, para Liker (2004), podemos observar que cada componente, por si só é um elemento fundamental, mas o que é mais importante é a maneira como os mesmos interagem e se relacionam, buscando a melhoria contínua. O JIT significa eliminar, tanto quanto possível, o estoque intermediário/*buffer* necessário. O fluxo ideal de um produto se obtém quando o mesmo respeita à taxa de demanda do cliente ou *takt-time*, usando *buffers* menores, permitindo que os problemas se tornem visíveis imediatamente após sua

ocorrência. Por sua vez, esse processo reforça *Jidoka*, na que medida que interrompendo a linha de produção, denota que os funcionários devem resolver, imediatamente, os problemas, de forma a normalizar a produção o mais rápido possível. Na produção enxuta, quando um operador desliga os equipamentos para corrigir uma anomalia, as outras operações são interrompidas de forma conjunta, o que gera uma crise, tal crise geram um senso de urgência para resolução dos problemas, gerando um esforço coletivo para retomar o fluxo de produção, gerando o círculo de melhoria contínua. Se o mesmo problema voltar a ocorrer repetidamente, a gerência pode concluir que se trata de uma situação crítica que, pode requerer investimentos relacionados à *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total/TPM). Vale ressaltar, que um elevado grau de estabilidade é necessário para que o sistema não esteja, constantemente parado. As pessoas estão no centro da casa, pois, de forma isolada, somente o processo de melhoria contínua não garante a estabilidade do processo, assim o *staff* (equipe) devem ser, continuamente, capacitados e treinado na eliminação dos desperdícios e resolução das causas raiz dos problemas, sendo assim a resolução dos problemas estão relacionados a “ver” o que realmente está acontecendo (*genchi genbutsu*) e na interrupção da produção para tornar possível a identificação/comunicação das ocorrências de anomalias, aos setores responsáveis (*Jidoka*).

3.3.3 Os Desperdícios do STP

Segundo Womack, Jones e Roos (2004), os desperdícios da produção são atividades que consomem recursos, mas não geram valor e podem, assim, ser considerados como em alguma das sete categorias de desperdício da Manufatura Enxuta. Shingo (2010), considera que os todos os desperdícios devem analisados/avaliados e que há sete categorias de desperdícios que podem ser encontrados na produção, que estão abaixo relacionados:

1. Superprodução – é a perda relacionada à produção excessiva ou antecipada de itens definidos pela demanda dos clientes, podendo provocar excesso de inventário;
2. Espera – está relacionado ao tempo em que operadores, máquinas e/ou equipamentos ficam parados esperando itens necessários para completar uma tarefa (materiais, informações, suprimentos, documentos etc.);
3. Transporte – o transporte/movimentação de materiais desnecessários são atividades não agregadoras de valor ao produto e devem ser eliminadas;

4. Processamento – trata-se do desperdício intrínseco a um processo não eficiente, procedimentos incorretos, ou seja, a execução de funções ou etapas do processo que não agregam valor ao produto;
5. Movimento – desorganização do ambiente de trabalho, desempenho ineficiente dos aspectos ergonômicos e obstruções do fluxo entre as operações do processo produtivo;
6. Produzir Produtos Defeituosos – desperdícios gerados por problemas da qualidade ou baixo desempenho na entrega, resultando em desperdícios de materiais, taxa de utilização de equipamentos, mão-de-obra, etc.;
7. Estoques ou Inventário – quantidade desnecessária de materiais armazenados aguardando processamento, armazenamento excessivo, ocasionando em custos excessivos e baixa *performance* do serviço prestado aos clientes.

Nesse sentido, Shingo (2010), afirma que o princípio do Sistema Toyota de Produção (STP) está fundamentado na eliminação ininterrupta das perdas/desperdícios encontrada nos sistemas produtivos, visando à redução dos custos, e que o elemento fundamental do STP está representado na seguinte premissa: ao objetivar, por exemplo, a eliminação do estoque, diversos fatores subjacentes ao sistema de estoque/armazenagem devem ser exaustivamente investigados e melhorados, gerando um ciclo de melhoria contínua em todo o processo, pois a eliminação das perdas não é focada apenas na atividade e sim em todas as atividades que são interligadas à mesma. Deste modo, a eliminação absoluta dos desperdícios é o princípio básico do STP. Assim Nazareno (2003), propõe a utilização de uma lista de desperdícios como uma ferramenta que contribui para a identificação e tomada de decisão em relação aos elementos causadores de desperdícios na produção. Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta algumas prováveis causas e as possíveis soluções que podem ser tomadas em relação a cada um dos sete desperdícios do STP:

Quadro 1 – Prováveis causas e as possíveis soluções dos sete desperdícios do STP

Desperdício	Causas Prováveis	Soluções Possíveis
Superprodução	Grandes áreas de depósitos	Reduzir o setup
	Altos Custos de Transporte	Reduzir movimentação desnecessária
	Falhas no PCP	Programação da Produção integrada
Espera	Espera por materiais	Sincronizar o fluxo de material
	Espera por informação	Desenvolvimento de sistema de informação integrada ao PCP
	Layout inadequado	Reestruturação do Layout
	Imprevisto na produção	Manutenção preventiva (Sistema integrado ao PCP)

Continuação do Quadro 1

Transporte	Produção de Grandes Lotes	Lotes econômicos de produção (LEP)
	Layout inadequado	Eliminar e reduzir fluxos cruzados
	Produção antecipada	Sistema de PCP integrado
Processamento	Ferramenta e dispositivos inadequados	Definição de métodos/procedimentos padrão, padronização do processo produtivo
	Ausência de padronização	
	Material inadequado	Tornar o processo rastreável e informatizado de forma a sempre se obter os itens corretos na hora correta
	Erros no processo produtivo	
Movimento	Layout inadequado	Reduzir a movimentação de material
	Padrões inadequados de ergonomia	Reduzir deslocamento e realizar análise ergonômica do trabalho
	Disposição inadequada de ferramentaria, peças, matéria-prima, etc.	Reestruturação de layout e inserção de abastecedores de linha
Produzir Produtos Defeituosos	Processo de fabricação inadequados	Estudo de métodos e padronização dos processos produtivos
	Falta de treinamento	Capacitação contínua de funcionários
	Matéria-prima defeituosa	Definição de níveis de qualidade aceitáveis para os fornecedores
Estoques ou Inventário	Superprodução	Programação da Produção integrada
	Produto obsoleto	Produção sincronizada à demanda e ao ciclo de vida do produto
	Grande Flutuação da demanda	Sincronização e nivelamento da produção

Fonte: Adaptado de Nazareno, 2003.

Desperdícios geram somente custo e tempo, portanto, não agrega valor (a peça não sofre nenhuma transformação). A utilização de recursos excessivos tais como homem, máquina, material e recursos de facilidades geram a superprodução, definido por Ohno (1997) como o pior dos desperdícios. A superprodução ocasiona o excesso de estoque ao continuar utilizando os recursos para produzir bens não necessários naquele momento. O inventário excessivo gera a necessidade de mais mão-de-obra, equipamentos de movimentação e espaço físico na fábrica para transportar e armazenar este estoque. Isto resulta em um capital a ser investido desnecessariamente.

Dessa forma, para Jorge Jr. (2003), a Toyota não buscou somente a identificação dos principais desperdícios no processo produtivo, mas procurou também forma de eliminá-los, desenvolvendo novas ferramentas e métodos. Nesse contexto, surgiu o novo modelo de Sistema de Produção fundamentado na busca da eliminação sistemática de desperdícios, melhorias no fluxo de produção, objetivando menores *lead times*, melhores níveis de qualidade, redução de custos e maior eficiência e rapidez na entrega, sempre focando nas necessidades e expectativas

dos clientes. O sistema proposto pela Toyota difundiu-se, então, por todo o mundo, tornando-se um paradigma a ser superado, pelas demais montadoras e organizações produtivas em geral, ou seja, a *Toyota Motor Company* desenvolveu um sistema capaz de, por si só, tornar-se um fator de competitividade.

3.3.4 Principais conceitos e ferramentas

De acordo com Elmoselhy (2013), a manufatura enxuta é uma prática de produção que define que a utilização de recursos para qualquer outro objetivo que não seja a criação/agregação de valor para o cliente final como sendo desperdício e, portanto, um alvo para a eliminação. E tem por finalidade aumentar a eficiência global do sistema de produção, reduzindo os resíduos, e que busca determinar o que é realmente importante para ganhos de competitividade. Ohno (1997), complementa que a manufatura enxuta foca, principalmente, na redução dos desperdícios, que estão relacionados a todo e qualquer componente de produção que só adicionam os custos, não representando agregação de valor, ou seja, são atividades que não geram valor produto, dentro do ponto de vista do cliente, e que mesmo assim são constituídas/realizadas no processo de produção. Sendo assim, a implantação de um sistema enxuto está centrada na obtenção de recursos, no lugar certo, na hora necessária, na quantidade correta para alcançar um perfeito fluxo de trabalho, reduzindo o desperdício, com a finalidade de tornar o processo flexível (DENNIS, 2015). Para Stevenson (2014), a estratégia de produção deve estar baseada em uma abordagem que deve ser iniciada desde a definição dos planos/estratégias corporativas e do marketing para, posteriormente, elaborar um sistema de produção que apoie tal estratégia. Podem se definir quatro pilares principais da manufatura enxuta que são: a redução de desperdícios – cujo tema principal está relacionado com a redução de inventário/estoques, manufatura baseada no *Just-in-Time* (JIT), a adoção do programa zero defeitos e automação inteligente (autonomação).

Dessa forma, Monden (2010), elenca uma série de ferramentas que compõem a manufatura enxuta, que estão abaixo descritas:

- **Arranjo físico celular:** Organiza o processo para determinado produto ou família de produtos semelhantes em um grupo (ou "célula"), o que inclui as máquinas necessárias, equipamentos e operadores, os recursos inseridos nas

células são arranjados de forma a facilitar todas as operações e o processo como um todo.

- **Just in Time (JIT):** De forma geral é um sistema na qual o cliente determina a demanda, então esta é então “transmitida para trás (última operação)”, ou seja, a partir da montagem final até a aquisição da matéria-prima, solicitando os requisitos apenas quando eles são necessários.
- **Kanban:** É um sistema de acompanhamento da produção a partir do uso de sinalização (cartões, entre outros) para a implantação de processos produtivos baseados no JIT.
- **Manutenção Preventiva Total (TPM):** É um sistema baseado na realização de manutenção periódica das máquinas e equipamentos com o objetivo de detectar eventuais anomalias. O foco do sistema está fundamente na prevenção de avarias ao invés apenas do conserto após quebra. Os operadores, por estarem constantemente em contato com as máquinas/equipamentos são inseridos nas atividades de atividades de manutenção e monitoramento, de forma a prevenir e fornecer dados e informações constantes e atualizadas sobre a condição das máquinas/equipamentos.
- **Redução do tempo de Setup:** Procura continuamente reduzir o tempo de ajuste dos equipamentos fabris.
- **Gerenciamento Total da Qualidade (TQM):** Um sistema de melhoria que emprega gestão participativa contínua que é centrado nas necessidades dos clientes e tem a finalidade de conscientizar todos os processos organizacionais com relação à qualidade, estendendo a cultura da qualidade para os fornecedores, distribuidores, ou seja, toda a cadeia de negócio.
- **5S:** Programa que tem por objetivo a organizar e disciplinar o local de trabalho de forma eficaz e o desenvolvimento de procedimentos de trabalho padronizados.

Para Juran (1992), a manufatura enxuta apresenta duas abordagens, a primeira delas está fundamentada na eliminação da causa fundamental dos desperdícios, por meio de um conjunto de ferramentas de gerenciamento. Com a eliminação dos resíduos observa-se um aprimoramento da qualidade do sistema, simultaneamente à redução de custos e tempo de produção. Podemos citar como exemplos de ferramentas enxutas o Mapeamento do Fluxo de

valor, 5S, Kaizen/melhoria contínua, Andon, troca rápida de ferramentas e Autonomia (processo de automação inteligente que permite que as máquinas, enquanto em funcionamento, identifiquem e sinalizem a ocorrência de anormalidade para que os funcionários tomem as devidas providências). A utilização dessas ferramentas, de acordo com Imai (2012), resulta em maior produtividade, lucratividade e qualidade com a minimização de custo, tempo e esforços investidos. Nesse sentido, Davis (1999), afirma que a utilização de ferramentas enxutas, tal como o sistema Andon (Autonomia), permite que a atenção dos funcionários esteja focada na presença/ocorrência de falhas e anormalidades no sistema produtivo, reduzindo, assim, a rotina de trabalho e a repetição de atividades, assegurando a uma melhor tomada de decisão na resolução de problemas relacionados com a produção.

Já para Elmoselhy (2013), na segunda abordagem para a manufatura enxuta, a ênfase está relacionada à melhoria do fluxo de trabalho, buscando-se o nivelamento de produção (na qual as ordens de produção estão centradas na média das variações do *mix* de produtos e volume produzido), desta forma eliminando altas variações, e desnivelamento, alcançando a padronização do sistema de produção e não somente focada na redução de desperdícios. Essa abordagem está alicerçada no princípio de que se a produção flui perfeitamente, não haverá número excessivo de estoque/inventário, sendo assim, para melhorar o fluxo de produção podem ser usadas técnicas, tais como a utilização de sistema de cartões *Kanban* (produção puxada através dos pedidos), a caixa de *Heijunka* (para coleta de dados sobre variações do *mix* de produção e volume fabricado), Andon (ferramenta de gestão visual que permite a identificação de falhas e anormalidades no sistema produtivo) e o nivelamento de produção – produção sem desperdícios com redução sistemática de custos, composto das seguintes fases: (1) redução/eliminação das três categorias de problemas de produção: Muda – trabalho que não agrega valor, *Muri* – sobrecarregamento do sistema, quando há uma diferença entre a demanda e a capacidade produtiva da empresa e *Mura* – a irregularidade ou a falta de ritmo); (2) A identificação e enumeração dos problemas; (3) A busca pela melhoria contínua, e a utilização de técnicas e ferramentas quando as metas/objetivos fixados não são atingidos (JURAN, 1992). Para o Lean Institute Brasil (2014), há cinco princípios da mentalidade/manufatura enxuta que podem ser assim descritos:

- Valor: A premissa para a mentalidade enxuta baseia-se na definição do que é valor, conceito que deve ser definido pelas necessidades dos clientes, cabe então às empresas determinar e satisfazer tais necessidades e expectativas geradas por seus consumidores,

a fim de manterem competitivas em seu mercado, dessa forma aumentar seu lucro através da melhoria contínua dos processos, da redução de custos e tempos de produção.

- Fluxo de Valor: É a segmentação do processo produtivo em três categorias: atividades/tarefas agregadoras de valor; aqueles que não geram valor, mas que são importantes para a manutenção e qualidade dos processos e aqueles que não agregam valor, que devem ser eliminados imediatamente.
- Fluxo Contínuo: A criação de fluxos contínuos por todos os processos da empresa, buscando-se redução dos tempos de produção, de processamento de pedidos e em estoques, a utilização desse fluxo permite que a organização atenda a necessidade dos clientes mais rapidamente.
- Produção Puxada: É a “inversão” do fluxo produtivo, pela qual as empresas programam a produção a partir da demanda gerada pelo cliente, onde é produzido somente a quantidade e no tempo necessário que o processo seguinte requer, o que reduz os níveis de estoque.
- Perfeição: A busca pela melhoria contínua deve nortear todos os esforços da empresa e todos os presentes na cadeia produtiva da empresa devem ter conhecimento desse princípio de forma que haja uma troca de informação e conhecimento para que continuamente busque-se melhores formas de se criar valor para os clientes.

De acordo com Ohno (1997), as estratégias e práticas enxutas são capazes de tornar as indústrias mais competitivas e lucrativas numa escala econômica global, por meio da redução de custos. O objetivo principal dos sistemas de produção enxuta é gerar um fluxo de produção equilibrado, entre os benefícios obtidos pela utilização do sistema de manufatura enxuta estão a redução dos níveis de estoque, redução de prazos de entrega, geração e manutenção de altos padrões de qualidade, aumento da produtividade e utilização de equipamentos e a diminuição das quantidades de refugo e retrabalho. Tais benefícios, dessa forma, levam à redução total dos custos. Com essa nova abordagem o alicerce da competitividade, que geralmente se caracterizava pelo preço do produto, passou a estar mais relacionada com a disponibilidade e qualidade dos produtos que atendam satisfatoriamente as necessidades e requisitos dos clientes.

Por fim, de acordo com Taj (2008), a manufatura enxuta não se resume apenas a um sistema de produção, mas sim a uma filosofia que permite a melhoria de diversos procedimentos que objetivam aumentar a eficiência global do sistema produtivo da organização produtiva. Já para Dickson et al. (2009), os conceitos enxutos representam um conjunto de princípios, métodos e técnicas que direcionam as organizações para adicionar continuamente valor aos seus

produtos, de acordo com a percepção dos clientes, aperfeiçoando as operações do processo produtivo, que são efetivamente necessárias, relevantes e que agregam valor e busca a eliminação de toda tarefa, atividade, operação e processo que não conseguem alcançar tais metas.

3.3.5 Sistema Andon

O andon é um termo proveniente da palavra japonesa para um sistema de controle visual que ocorrem intervenções humanas para analisar a situação atual e estabilidade de um sistema (LIKER, 2004). Segundo Inman et al. (2003), a origem do desenvolvimento do Andon está diretamente ligado à criação do Sistema Toyota de Produção e sua utilização vem sendo amplamente adotado em ambientes produtivos devido à sua comprovada eficácia na eliminação de defeitos e aumento de produtividade das organizações produtivas que adotam esse sistema. Para Plenert (2006), andon é um sistema baseado na utilização de luzes que tem por finalidade indicar o *status* da produção em um ou mais centros de trabalho, a quantidade luzes e cores podem variar de acordo com a necessidade de cada empresa, e até mesmo por cada centro de trabalho no processo produtivo. No entanto, o andon tradicional apresenta as seguintes cores:

- Verde: indica que o sistema produtivo não apresenta problemas;
- Amarelo: determina a ocorrência de alguma anormalidade que requer atenção;
- Vermelho: Detona parada de linha/produção, requer atenção imediata.

O sistema Andon, de acordo com Plenert (2006) é composto pela luzes e um painel, que é um dispositivo de controle visual em uma área da produção, que normalmente apresenta um display suspenso iluminado, de forma que todos os funcionários da produção possam visualizá-lo, mostrando o atual *status* do sistema produtivo, alertando todos os responsáveis pelo setor sobre os problemas/anomalias do sistema. Nesse sentido, Monden (2010) afirma que o dispositivo Andon tradicional é acionado pelo operador em duas ocasiões, a primeira se dá quando o mesmo apresenta dificuldade em completar a tarefa dentro do tempo programado, já a segunda está relacionada à ocasião em que o operador identifica um problema na produção ou qualidade problema, de forma a informar/sinalizar para os supervisores a necessidade de apoio para a solução do problema encontrado. Dessa maneira, a ferramenta *Andon* é utilizada pelas empresas para transmitir informações importantes e por meio de sinais, indicando a

necessidade da tomada de decisão imediata por parte dos supervisores com a finalidade de aperfeiçoar o processo de produção.

Segundo Subramaniam et al. (2009), o *Andon* é uma ferramenta de controle visual utilizada para notificar o *status* das máquinas/equipamentos e da linha de produção no processo de fabricação. Esse conceito foi criado pelos japoneses para *Jidoka* (termo japonês para automação) e trata-se do princípio de parar a produção imediatamente após a identificação de uma anomalia no processo, o *Andon* geralmente é utilizado no controle de qualidade da produção e na melhoria do sistema de detecção de defeitos no processo produtivo. Um sistema baseado em *Andon*, geralmente apresenta um *buzzer* (alarme) que tem por finalidade alertar, de forma sonora, a presença de um de problema e/ou a mudança de estado da produção, variando de acordo com a programação utilizada pelo sistema, assim o trabalhador pode interromper/parar a linha de produção para relatar o problema ao supervisor, para realizar os ajustes na máquina ou corrigir um defeito de qualidade, ainda que a produtividade possa ser reduzida devido à parada de linha, o desempenho global do sistema é, substancialmente melhorado (HELO et al., 2014).

Ainda para Helo et al. (2014), o sistema *Andon* apoia o controle de qualidade, especialmente quando se trata em situações de *ramp-up* de volume e melhoria contínua. As linhas de produção apresentam sistemas de *Andon* independente, para notificar o estado de funcionamento e para recolher informações a cerca da linha de produtos. O sistema *Andon* ao relatar e gravar periodicamente a ocorrência dos problemas na produção fornece dados e respostas sobre as anomalias presentes no fluxo de trabalho, a fim de contribuir com a eliminação/redução da ociosidade, fornecendo informações, imediatamente após a detecção dos problemas, de forma constate para as equipes de manutenção e qualidade, os gerentes, ao utilizar as ferramentas de manufatura enxuta, assim como o *Andon*, tem a possibilidade de monitorar, em tempo real, a situação no ambiente produtivo fabril.

Na *Toyota Motor Company*, segundo Inman et al. (2003), os *andons* são compostos por lâmpadas, um alarme com sons diferentes para cada ocorrência. O sistema constituído pelas luzes conjuntamente aos *buzzers* garante que o problema será observado e notificado. Todavia o *Andon* não pode ser elaborado apenas com a instalação das lâmpadas, se faz necessário que as indicações/sinalizações sejam observadas na linha e que a anomalia seja analisada e tratada enquanto o processo foi interrompido. Dessa forma, é essencial que as sinalizações das lâmpadas não funcionem somente para notificar a anomalia, mas para demonstrar que a situação atual do processo é crítica, seja em termos de qualidade e/ou produtividade, e que os

problemas/anomalias devem ser tratados da maneira rápida e precisa, para que o processo volte a fluir adequadamente e que os padrões definidos para as operações se normalizem, de forma que a performance da empresa seja mantida e até mesmo melhorada (LIKER e MEIER, 2007). De acordo com Womack, Jones e Roos (2004) através da utilização do sistema Andon, o que permite que os operadores indiquem, em tempo real, a presença de anomalias, possibilita uma maior taxa de utilização da capacidade produtiva.

A variabilidade, segundo Monden (2010) e Fujimoto (2001) e, é outro problema na linha de produção que pode ser reduzido por meio da utilização da manufatura enxuta e do sistema Andon, através da identificação de anomalias, o que pode reduzir a probabilidade de erro do operador e impedindo que peças fora do padrão de qualidade definido possam ser produzidas, ou seja, o sistema Andon, informa em tempo real a ocorrência de problemas no processo produtivo, a produção enxuta busca, também, enfatizar a apresentação visual de dados relacionados com a qualidade, de forma que todos os funcionários do setor da Produção tenham conhecimento sobre o *status* do processo produtivo (HOPP e SPEARMAN, 2011). Gemba Solutions (2014) e Beyond Lean (2014), destacam como alguns dos principais benefícios diretos da aplicação do sistema Andon:

- Problemas de produção são identificados imediatamente após sua ocorrência, agilizando o tempo de resolução dos problemas, reduzindo o tempo perdido e o risco de atraso no prazo de entrega;
- Aumenta a produtividade e o ritmo de produção, permitindo que a equipe visualize o fluxo produtivo em tempo real, fornece feedback instantâneo a equipe inteira, melhorando assim a motivação e moral;
- Os planos e metas são modificados automaticamente com base no progresso atual;
- Minimiza as perdas de produção, facilitando a análise/correção dos problemas em tempo real e correção;
- Contribui para o nivelamento da produção;
- Dão mais autonomia aos operadores;

Por fim, um importante diferencial do Sistema Toyota de Produção é o comprometimento e o envolvimento das pessoas quanto à resolução dos problemas, e ainda mais importante é que os problemas fiquem visíveis para que o desperdício seja eliminado. O Andon se caracteriza como uma importante ferramenta de gestão visual, pois ele mostra o ritmo do *Takt* para todas as estações de trabalho (padrão a ser seguido), padroniza o trabalho dos

operadores, permite a identificação e o local de ocorrência dos problemas, e dissemina a informação por toda organização e forma a agilizar o processo de resolução dos problemas e tomada de decisão, sendo assim, o andon representa um elemento fundamental no processo de detecção e eliminação das anormalidades dentro do sistema produtivo (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2008).

4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O Processo de Desenvolvimento do Produto/PDP engloba as atividades que tem por objetivo a criação de novas linhas de produtos, ou modificações/adaptações em linhas existentes de modo a ampliar o ciclo de vida da linha ou do produto em específico, o PDP é um esforço multifuncional, sendo um setor estratégico e fundamental para o sucesso industrial, visto que um erro nessa área pode iniciar a decadência competitiva corporativa, gerenciando ideias e oportunidades, e os transformando em bens de consumos ou serviços fornecidos/disponibilizados aos consumidores finais (LOCH e KAVADIAS, 2008). Rozenfeld et al. (2006) e Krishnan e Ulrich (2001) defendem que o início do PDP se dá na identificação dos requisitos dos clientes (as necessidades de um novo produto, um novo nicho de mercado, a inserção de inovações em uma linha presente no mercado), avaliação das atuais estratégias competitivas e funcionais e análise de possibilidades tecnológicas (viabilidade tecnológica), restrições e recursos necessários para a execução das atividades de desenvolvimento e projeto.

Já Ulrich e Eppinger (2011) definem que o desenvolvimento do produto se inicia com a percepção de uma oportunidade, se relacionando ao mercado, ao setor produtivo interno, vendas e distribuição de um produto. Nessa linha de pensamento, Wang, Gou e Liu (2012) definem como oportunidades de mercado as circunstâncias nas quais novos bens, serviços, matérias-primas e métodos organizacionais são introduzidos e, conseqüentemente, vendidos com margem de lucro elevadas (acima do custo de produção), assim inserir produtos e serviços inovativos no mercado se caracterizam como a “formalização da oportunidade”. O desenvolvimento de novos produtos é uma atividade complexa e requer extensas pesquisas e análises de mercado, um planejamento bem elaborado e um controle rigoroso, ou seja, é uma atividade que requer visão sistêmica do negócio e do mercado, requerendo profissionais altamente qualificados e uma equipe multifuncional sinérgica (BAXTER, 2011).

Portanto, a sistematização do processo de desenvolvimento de produtos deve buscar a minimização de riscos de falhas e, conseqüente, o aumento da probabilidade de sucesso, sendo assim o projeto deve estar fundamentado na criação de etapas interdependentes com a participação de equipe polivalente, compostos por especialistas de várias áreas diferentes, focado na etapa de planejamento, onde as decisões são menos dispendiosas financeiramente e que com um correto desenvolvimento, definição do sequenciamento atividades e tempo de execução, profissionais envolvidos os resultados se tornam mais previsíveis e eficazes, permitindo

também, dessa forma, que o projeto seja flexível e adaptável para diferentes produtos e diferentes organizações.

Nesse sentido, Back et al. (2008), Chen et al. (2008) e Akgun, Lynn e Yilmaz (2005) discutem sobre o caráter estratégico intrínseco e inerente ao processo de desenvolvimento do produto a partir do uso de processos inovadores e do gerenciamento do conhecimento requerentes na realização de atividades organizacionais de alta complexidade, visando a obtenção de diferenciação e vantagem tecnológica, estética (forma) e/ou funcional para novos produtos ou para a extensão do ciclo de vida dos produtos, evitando ou impedindo a “entrada” no estágio de declínio. Por fim, o PDP, como processo gerencial, pode ser caracterizado por etapas estratégica-rationais e a sistematização da metodologia tem por objetivo estabelecer/definir o conjunto de atividades inovativas a serem realizadas, cronogramas, equipes responsáveis/comprometidas, tecnologias e aporte de recursos financeiros para permitir a inserção bem-sucedida de novas ideias/oportunidades, que podem ser tangíveis em forma de bens de consumo ou intangíveis na execução de serviços.

A estrutura clássica de desenvolvimento de produtos proposta por Clark e Wheelwright (1993), está diretamente ligado/alinhado à estratégia de negócio, integrando todas as áreas funcionais organizacionais e contempla seis pontos principais: (1) definição do projeto, (2) organização do projeto e do pessoal, (3) liderança e gerenciamento dos projetos, (4) resolução de problemas, (5) testes e prototipagem, revisão e controle da gerência e correções em tempo real. Assim, as fases interdependentes desse modelo são:

- Desenvolvimento do conceito (definição de oportunidades e mercado-alvo, possibilidades técnicas e arquitetura do produto e conceito final);
- Planejamento do produto (estudo detalhado do mercado, investimentos, cronogramas, recursos necessários, especificações e construção de modelos);
- Projeto do produto e do processo (projeto detalhado do produto, do processo e dos dispositivos e ferramentas, prototipagem/teste de protótipos e desenvolvimento de fornecedores);
- Produção-piloto e *ramp-up* (avaliação/testes do processo produtivo e do suprimento de insumos/materiais, liberação para produção normal e inserção do produto no mercado);
- Introdução do produto no mercado (elevação dos níveis de produção, preenchimento dos canais de distribuição do produto e estabilização do processo produtivo)

A metodologia de desenvolvimento do produto proposta por Clark e Wheelwright (1993) é mostrada na Figura 3, e o desenvolvimento do sistema se fundamentou na utilização de conceitos e técnicas dessa metodologia, uma sistemática clássica, porém bem estrutura, lógica e que gera bons resultados.

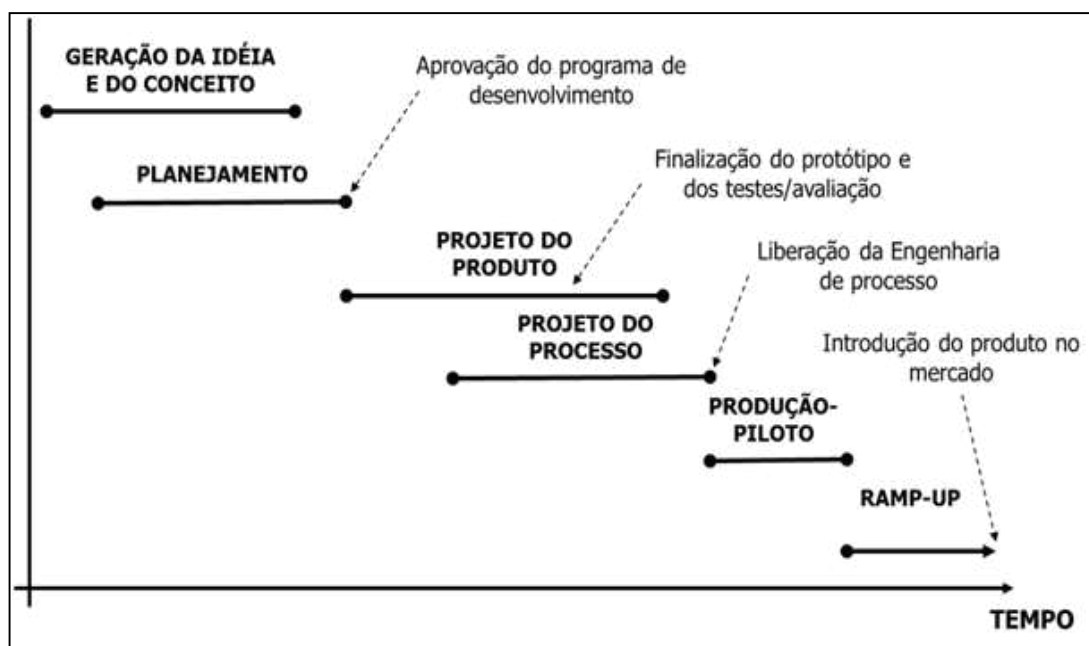


Figura 2 – Estrutura estratégica para desenvolvimento de produtos
Fonte: Clark e Wheelwright, 1993

Portanto, de acordo com a Figura 3, o desenvolvimento do produto é constituído de diversas fases, que podem, ou não, ocorrer simultaneamente, podendo ser determinado dessa maneira na busca de redução de custos, recursos (humanos, materiais, etc.) ou tempo de execução, podendo ser flexibilidade de acordo com o *leadtime* proposto de desenvolvido para cada novo produto. Dessa maneira, há forte interdependência entre cada uma das etapas do desenvolvimento do produto, ou seja, a etapa subsequente é uma cliente interna da atividade anterior, e os resultados, as decisões individuais e isoladas de cada fase tem um forte impacto no resultado final do processo de desenvolvimento

As duas etapas iniciais da metodologia tratam da elaboração do conceito e planejamento do produto, onde se realiza a coleta de dados/informações sobre oportunidades e da competitividade de mercado, viabilidade técnica/financeira/mercadológica e requisitos do produto que serão transformados, em etapas posteriores, em especificações a serem adicionados na arquitetura do produto, o que inclui o projeto conceitual, o mercado-alvo, níveis de performance ideais, investimentos e os impactos econômico-financeiros. Nesse sentido, há uma

preocupação com o atual estado da arte de desenvolvimento de produtos e do compartilhamento de itens, ideias já utilizadas em outros produtos presentes no mercado ou desenvolvidos em projetos anteriores, de modo a se criar ‘soluções diferenciadas’, inserir inovação para os novos produtos, mantendo custos viáveis de desenvolvimento e produção de forma a obter lucro com a inserção desse produto (BARBOSA et al., 2015).

Ulrich e Eppinger (2011), definem que a prospecção de dados/informações, que orientam a identificação das necessidades dos consumidores e de oportunidades de desenvolvimento, como importantes meios de se detectar e definir possíveis requisitos primários do produto. Visto que definidos tais necessidades do público-alvo, estas devem ser traduzidas em especificações na fase conceitual do PDP, onde se definem primordialmente a descrição inicial das tecnologias empregadas, princípios e lógicas de funcionamento, arquitetura e a forma/estética utilizada. Já Lee e Wong (2011) mencionam sobre a realização de testes e modelagem para aprovação do conceito, que só pode ser realizado a partir da definição/elaboração dos sistemas técnicos e configuração final do produto, testes/avaliação adicionais são também utilizados, por meio de grupos focais de clientes, para a aprovação final do desenvolvimento, onde se busca incorporar três setores chaves do Processo de Desenvolvimento do produto: marketing, tecnologia e organização.

Segundo Barbosa et al. (2015), a fase subsequente tem por finalidade envolver outras duas áreas base do PDP: A Engenharia do Produto e a Engenharia de Processo, onde se aborda o desenvolvimento e o projeto detalhado do produto, a prototipagem e testes, planejamento/projeto do processo produtivo e definição do ferramental, maquinário e equipamentos necessários para a produção em escala do produto. A tríade ‘projetar-construir-testar’ é um aspecto de grande importância no PDP, já que é na fase “virtual”, na prototipagem e nos testes que devem ser realizados ajustes de modo a atender as especificações do produto fundamentadas pelas necessidades dos clientes e do desempenho desejados para o produto.

Ainda para Barbosa et al. (2015), dentro da lógica do PDP, a especificação do produto, integrada às expectativas e necessidades do público-alvo e a concepção ou adequação do processo produtivo referente à fabricação e montagem do novo produto está diretamente ligado com o sucesso comercial do mesmo. Nesse sentido, Müller e Fairlie-Clarke (2003) elaboraram um método que inclui uma “auto-avaliação” dos novos produtos e processos, de modo a aprimorar a possibilidade de sucesso quando o produto for inserido no mercado, realizando *benchmarking* na procura das melhores práticas e no desenvolvimento de processos e produtos de classe mundial.

À vista disso, o planejamento e projeto das atividades ligadas à fabricação e montagem, conjuntamente ao desenvolvimento de fornecedores compõem a fase na qual são analisadas, e, conseqüentemente, elaboradas as melhores maneiras de se obter um produto, relacionados à parâmetros de custo, manufaturabilidade e qualidade (BARBOSA et al., 2015). Assim, Ullman (2009) considera que o maior desafio está relacionado à seleção do processo produtivo, que melhor se adapte à manufatura dos novos produtos e que, ainda sim, continue a ser eficiente para as linhas de produtos já estabelecidas, além da complexidade e do número de diferentes componentes e de cada produto, que podem ser montados de diversas maneiras possíveis.

Dessa forma, após todos os ajustes e testes executados na fase de prototipagem, ao se alcançar um produto que obtenha a performance desejada e atenda pontualmente todas as especificações definidas pelo público-alvo se inicia a etapa de produção do lote-piloto, onde se busca avaliar internamente os processos desenvolvidos e o conceito aprovado para validá-los a fim de iniciar a produção em massa (BARBOSA, et al., 2015).

A fase final da metodologia de desenvolvimento do produto de Clark e Wheelwright (1993), é denominada *ramp-up*, quando se dá início à produção comercial do produto, que a princípio acontece em volume reduzido, acompanhando um aumento gradativo da produção relacionados à melhoria da confiabilidade do processo, crescimento dos fornecedores e dos distribuidores do produto (atacadistas e varejistas).

Por fim, o desenvolvimento do sistema proposto, como mencionado acima, seguiu a metodologia PDP de Clark e Wheelwright (1993), vale ressaltar, entretanto, que essa lógica serviu como norteador do processo, visto que nem todos os processos e atividades sequencias foram executados pontualmente, já que o próprio sistema apresentado, dentro do escopo desse trabalho, abordou as etapas até o desenvolvimento do conceito, da elaboração da lista de materiais e dos princípios de funcionamento.

5 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A pesquisa foi realizada em um pequeno fabricante de produtos saneantes agroindustriais da Região da Grande Dourados/MS. A idealização, conscientização e o desenvolvimento desse sistema surgiu do diagnóstico do ambiente fabril da supracitada empresa, representando uma necessidade inovativa para a solução de gargalos produtivos, o sistema proposto compõe um dos resultados/ inovações propostas incluídos na execução de um projeto, composto por uma parceria entre a Universidade Federal da Grande Dourados e da empresa BioLimp Produtos para Limpeza Ltda. O projeto está inserido no Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAÉ) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e tem por objetivo inserir profissionais/docentes do ensino superior em empresas do setor privado de modo a desenvolverem soluções para problemas organizacionais, permitindo que micro, pequenas e médias empresas se tornem mais competitivas em seus mercados de atuação (CNPQ, 2014).

5.1.1 Caracterização da empresa estudada e do processo produtivo

A BioLimp Produtos para Limpeza Ltda. está localizada na Região da Grande Dourados/MS e atua no setor de produtos químicos, se caracterizando como uma fabricante de produtos saneantes de pequeno porte nos segmentos agroindustrial, automotivo, doméstico e industrial, seu *mix* de produtos abrange detergentes, amaciantes de roupa, limpadores de ambientes, alvejantes, ceras, polidores, desinfetantes e sabões líquidos. A indústria emprega 25 funcionários (diretos e indiretos), entre mão-de-obra e supervisão (corpo administrativo) e dentro de sua cadeia empresarial ainda engloba uma outra empresa de distribuição no mercado atacadista e comercialização no varejo.

A firma possui homologação do seu processo de produção e o sistema de qualidade está em conformidade com a legislação específica de fabricação de produtos saneantes do Ministério da Saúde-Agência Nacional de Vigilância Sanitária (MS-ANVISA). Apresenta uma área construída de 1.800 m² composto por galpões climatizados, sistemas de exaustão, proteção

contra entrada de insetos e partículas sólidas e sistema de iluminação diferenciado (blindado). Seu processo produtivo, assim como exibido na Figura 4 é formado por oito operações sequenciais e interdependentes da seguinte maneira:

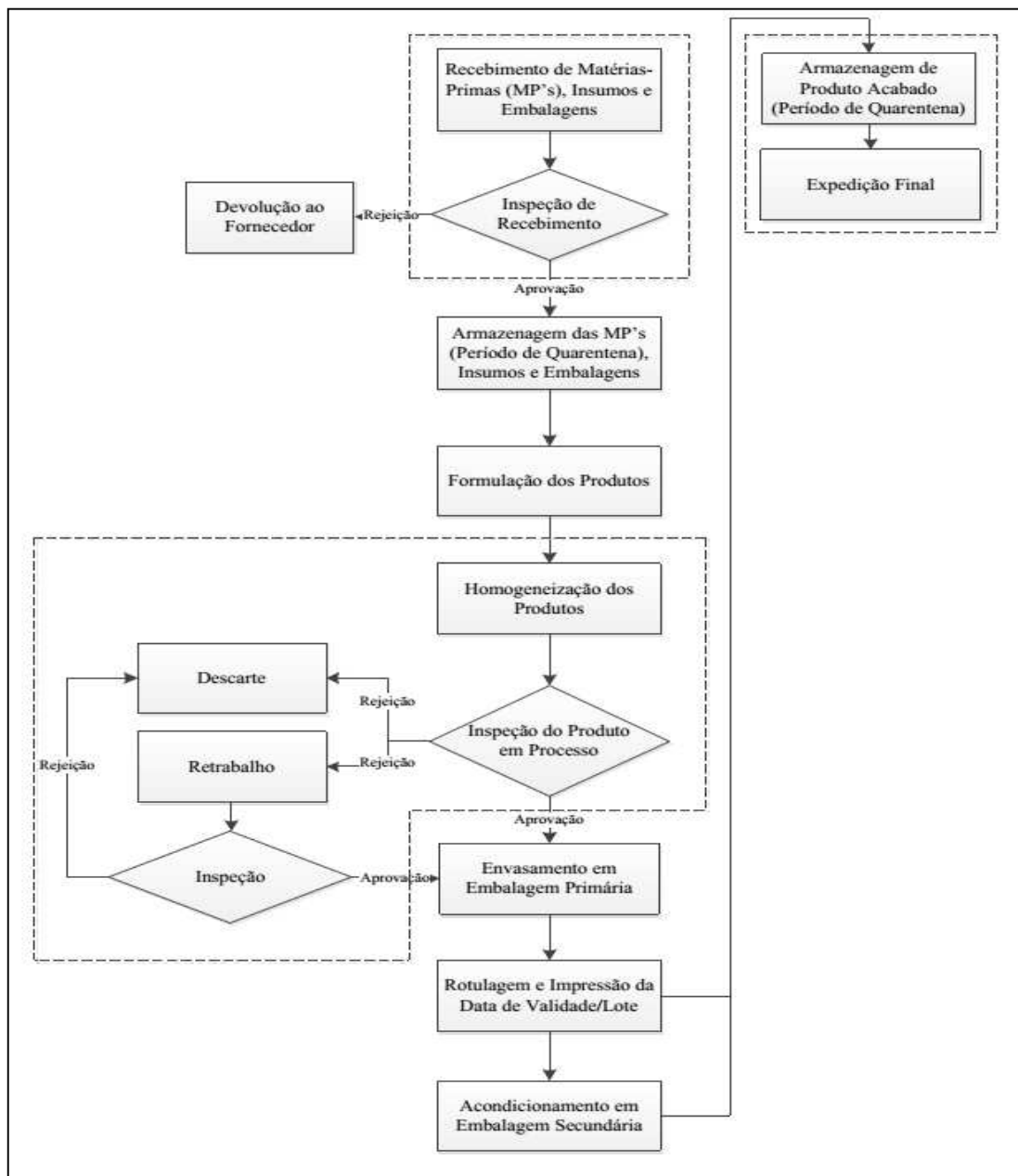


Figura 3 – Fluxograma do processo produtivo

- **Operação 1:** recebimento/inspeção de matérias-primas, insumos e embalagens – as três principais categorias de materiais (diretos e indiretos) são recebidas pelo responsável do setor de almoxarifado, onde é verificada toda a documentação (fiscal), as quantidades e, quando há necessidade, os relatórios de qualidade dos fornecedores. Periodicamente, os materiais/insumos são analisados por meio de

planos de amostragem em um Laboratório próprio de Análise Química/LAQ, que reporta, ao almoxarifado, o resultado da análise das matérias-primas em formato documental referente aos lotes aprovados, que serão enviados ao almoxarifado ou, caso reprovados, são retornados aos fornecedores;

- **Operação 2:** armazenagem das matérias-primas (período de quarentena), insumos e embalagens – os materiais que são aprovados na operação 1 são então armazenados no almoxarifado, que segundo Resolução ANVISA RDC n.º 134/2001 são submetidos a período de quarentena (matérias-primas). Já as embalagens primárias e secundárias (recipientes para envasamento dos produtos e caixas de papelão onde se armazena os recipientes envasados para transporte), bem como os demais insumos usados no processamento químico, são armazenados em áreas específicas do almoxarifado;
- **Operação 3:** formulação dos produtos saneantes – a primeira etapa dessa opção consiste na pesagem e dosagem (volumétrica) dos materiais diretos que fazem parte da composição dos produtos acabados, essa etapa é realizada na Área de Pesagem e no Setor de Dosagem/Homogeneização. A partir das fórmulas específicas de cada produto, realiza-se a separação prévia e pesagem de pequenas quantidades dos reagentes e matérias-primas necessários, que são então conduzidos ao Setor de Dosagem/Homogeneização. Os materiais líquidos (maior proporção dos produtos) são diretamente bombeados dos tanques de armazenamento e de bombonas plásticas para os dosadores manuais graduados;
- **Operação 4:** homogeneização/inspeção dos produtos acabados – as matérias-primas previamente pesadas e dosadas são submetidas à agitação mecânica. Cada tanque homogeneizador processa uma determinada família de produtos, classificadas de acordo com suas características (clorados, alcalinos ou ácidos), para que não haja contaminação dos produtos e para evitar reações químicas indesejáveis. Já a inspeção dos produtos em processos é responsável pelo controle de qualidade dos lotes produzidos – realizando análises físico-químicas no LAQ e microbiológicas por empresas terceirizadas (quando necessário). Quando aferido e constatado o nível ideal de qualidade, o volume homogeneizado é bombeado para o Setor de Envasamento, quando há rejeição do lote de produto, ainda há a possibilidade de reprocessamento, de forma a atender as especificações de qualidade ou então o lote pode, ainda, ser enviado a empresas de reciclagem de

produtos químicos (em condições de manuseio/transporte ambientalmente seguras);

- **Operação 5:** envasamento em embalagem primária – posteriormente à aprovação do volume processado ocorre o bombeado dos tanques de homogeneização para os reservatórios presentes nos equipamentos de envasamento (semiautomáticos ou manuais), onde ocorre o acondicionamento em embalagens plásticas primárias predeterminadas de 500mL, 750mL, 1L, 2L e 5L, além de bombonas de 20L, 50L e 200L;
- **Operação 6:** rotulagem e impressão da data de validade/lote – as embalagens primárias referentes aos produtos envasados são submetidas à rotulagem e à impressão de informações relacionadas à data de validade e codificação do lote fabricado, o que permite rastreabilidade dos produtos e dos processos para eventuais ações corretivas;
- **Operação 7:** acondicionamento em embalagem secundária – conforme as especificidades dos pedidos de vendas, as embalagens primárias de 500mL, 750mL, 1L, 2L podem ser acondicionadas em caixas de papelão (embalagens secundárias) para facilitar o manuseio, movimentação e transporte para os pontos de vendas e/ou distribuição aos consumidores finais;
- **Operação 8:** armazenagem de produto acabado (período de quarentena) – os produtos acabados acondicionados em embalagens primárias ou secundárias são previamente armazenados em uma área de quarentena para estabilização físico-química; posteriormente, os mesmos são movimentados para o Depósito de Produtos Acabados, permanecendo nesse setor até a expedição final.

5.2 PROJETO DO SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO

Assim como supracitado o objetivo geral do presente trabalho visou o desenvolvimento de um sistema de acompanhamento e controle visual, em tempo real, da execução das ordens de produção pré-programadas do sistema produtivo, que integra o sistema de um aplicativo de programação da produção, com a funcionalidade de carregamento/sequenciamento de ordens baseada na utilização de Gráficos de Gantt com a inserção de inovação: a linha de monitoramento temporal dinâmica (*dynamic time line*). O monitoramento/acompanhamento da execução das ordens programadas é realizado através do comparativo do carregamento das

ordens de produção realizado pelo aplicativo (baseado em MRP) e as informações transmitidas em tempo real pelos centros de trabalho através da ativação/desativação dos sinaleiros luminosos, cujo dados serão enviados e processados pelo software através da efetivação da integração. O sistema proposto nesse trabalho está baseado em uma premissa baixo-custo, visto que a empresa em questão não dispunha de um grande capital para investimentos em novos sistemas, a inclusão de possíveis mudanças e/ou versão desse sistema serão discutidos na sessão ‘trabalhos futuros’.

O projeto do sistema, como mencionado anteriormente, englobou uma das cinco Macroatividades do Projeto intitulado “Desenvolvimento e Inovação em Equipamentos e Processos de Produção de Saneantes Agroindustriais” (Processo nº 551842/2011-3 do Edital MCT/CNPq nº 75 /2010 - RHAE - Pesquisador na Empresa.), e estão descritas a seguir:

- Macroatividade 1 (análise do ambiente industrial), onde se realizou a análise do ambiente industrial, contemplando a avaliação do sistema de negócios da BIOLIMP através de uma metodologia inédita composta de quatro blocos de requisitos devidamente alinhados ao escopo do projeto: Administração Geral, Organização Industrial, Custeio e Planejamento e Controle da Produção/PCP e Gerenciamento da Qualidade;
- Macroatividade 2 (projetos de melhoria), que esteve relacionada à três atividades, (1) o estudo/proposição dos novos volumes de produção, (2) projeto da nova planta fabril e (3) projeto do sistema de acompanhamento da produção;
- Macroatividade 3 (projetos de automação em equipamentos e processos), que englobou três projetos de automação em equipamentos e processos baseados em microeletrônica, mecânica fina e tecnologia da informação e aplicados às operações-gargalo da BIOLIMP, cujas atividades estão associadas ao desenvolvimento do sistema de dosagem automatizado para tanques homogeneizadores, do sistema homogeneização de produtos químicos, raspagem e lavagem de tanques e da envasadora móvel automatizada em embalagens de 2 a 200L;
- Macroatividade 4 (patenteamento de projetos), que compreendeu o patenteamento dos três mencionados sistemas/equipamentos constantes na Macroatividade 3;
- Macroatividade 5 (difusão de conhecimentos), relacionado à difusão de conhecimentos obtidos com a realização.

Vale notar que a Macroatividade 1 – análise do ambiente industrial, principalmente o bloco de Bloco de avaliação 3 – sistema de custeio e PCP, foi de fundamental importância para o desenvolvimento desse sistema, visto que a identificação de problemas no setor do PCP que nortearam e definiram a necessidade de criação do mesmo como solução de alguns dos problemas encontrados, e que nesse caso específico encontrou-se na manufatura enxuta o melhor *set/kit* de conceitos e ferramentas mais propícios e eficientes na resolução das anomalias/falhas do setor produtivo. Sendo assim, o sistema proposto foi elaborado de acordo com as necessidades da empresa analisada e de acordo com o escopo do projeto CNPq-RHAE. Por fim, a Macroatividade 1 do projeto CNPq-RHAE está presente no “Apêndice A” desse trabalho e se trata de uma parte do relatório completo enviado ao CNPq.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS

Para a elaboração do sistema de acompanhamento e controle da produção, em sua primeira versão (evolução e atualizações do sistema serão propostos em trabalhos futuros), considerou-se que os operadores presentes nos centros de trabalho são os responsáveis pela ativação dos painéis e subsequente transmissão das informações em tempo real por sinais luminosos codificados acoplados à um kit de sinaleiros que estarão presentes nos setores de PCP, manutenção e almoxarifado. Dessa forma, dentro dos princípios de funcionamento do sistema, foram definidos dois importantes componentes:

- Painéis de Comportamento Operacional/PCO, constituído por botões luminosos coloridos que são acionados pelos operadores em seus respectivos centros de trabalho, informando/determinando o estado atual do processamento de uma ordem de produção em execução, de acordo com quatro possíveis estados: (1) situação real da operação; (2) requisição inicial e/ou reabastecimento de materiais/insumos; (3) solicitação de manutenção e/ou preparação de máquinas/equipamentos (*setup*); (4) solicitação do apoio de PCP;
- Painéis Modulares de Monitoramento Operacional/PMMO, que são formados de sinaleiros iluminados coloridos instalados nos setores de PCP, manutenção e almoxarifado, que indicam o comportamento em tempo real das operações presentes no sistema produtivo para os responsáveis por cada setor, ou seja, é a informação que será utilizada na tomada ágil de decisão dos gestores funcionais.

Assim, o sistema é composto por quatro subsistemas interdependentes e integrados, descritos como segue:

- Subsistema de *Status* Operacional – por meio da utilização de um conjunto de botões coloridos o operador (instalados no Painel de Comportamento Operacional/PCO) é capaz de transmitir informações visuais codificadas através do acionamento/desligamento dos correspondentes aos respectivos sinaleiros luminosos instalados nos Painéis Modulares de Monitoramento Operacional/PMMO presentes nos setores de PCP, manutenção e almoxarifado;
- Subsistema de Monitoramento e Controle Operacional-PCP: as informações que são enviados pelos operadores aos sinaleiros luminosos instalados no PMMO do setor de PCP exibem a situação do processo produtivo em tempo real, conforme as informações provenientes dos centros de trabalho;
- Subsistema de Monitoramento-Manutenção – as informações transmitidas pelos operadores aos sinaleiros luminosos instalados no PMMO do setor de manutenção indicam a ocorrência e respectiva criticidade das irregularidades operacionais presentes nos centros de trabalho, conforme duas condições: (1) interrupção/parada do processamento de uma ordem de produção (que demandam ações corretivas imediatas para reestabelecimento do fluxo produtivo); (2) presença de anomalias/desvios na operação, mas que não paralisam a operação (que requerem avaliação e realização de ações preventivas para evitar obstrução do fluxo de operações);
- Subsistema de Monitoramento-Almoxarifado – as informações transmitidas pelos operadores aos sinaleiros luminosos instalados no PMMO do setor de almoxarifado apontam para a necessidade de abastecimento de materiais/insumos nos centros de trabalho em três situações diversas: (1) entrada, no processo produtivo, da ordem de produção programada; (2) ressuprimento durante a execução da ordem; (3) restabelecimento da execução da ordem (em processamento) após período de interrupção do fluxo produtivo.

Devido à dificuldade de instalação de cabos elétricos na planta fabril, ou até mesmo a ineficiência de espaço útil (pela aglomeração de cabos) a transmissão dos sinais codificados pelos centros de trabalho aos setores de apoio pode ser executada pelo uso de dispositivos emissores/receptores remotos sem fio (tecnologia *wireless*). Dessa maneira, as Figuras 5 e 6

demonstram os esquemas elétricos elaborados para o sistema proposto, considerando, respectivamente, os dois meios distintos de transmissão mencionados: (1) comunicação sem fio; (2) cabos elétricos multivias.

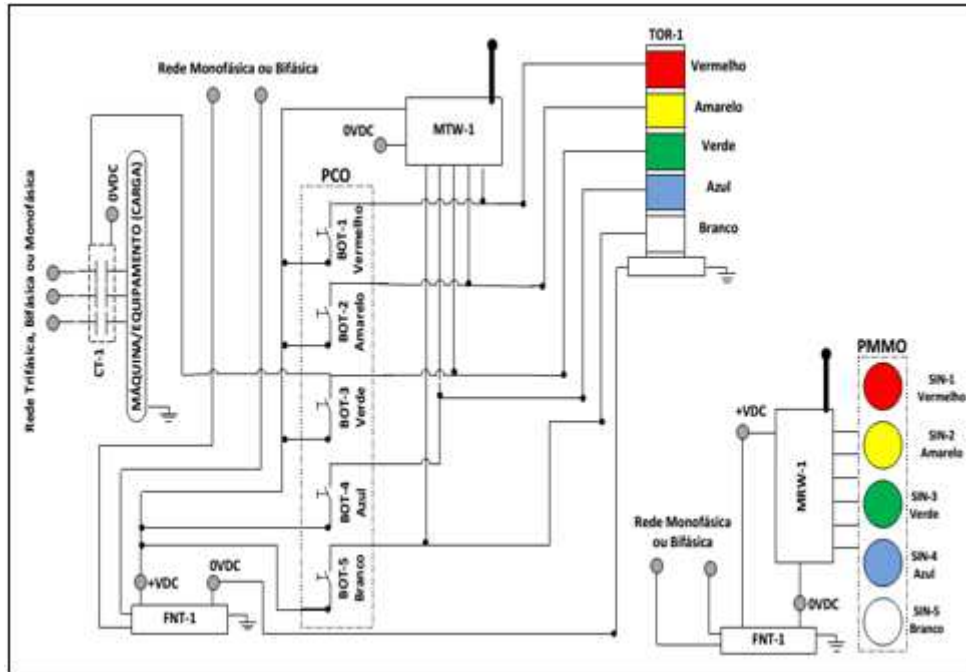


Figura 4 – Esquema elétrico (Via comunicação sem fio - rede *wireless*)

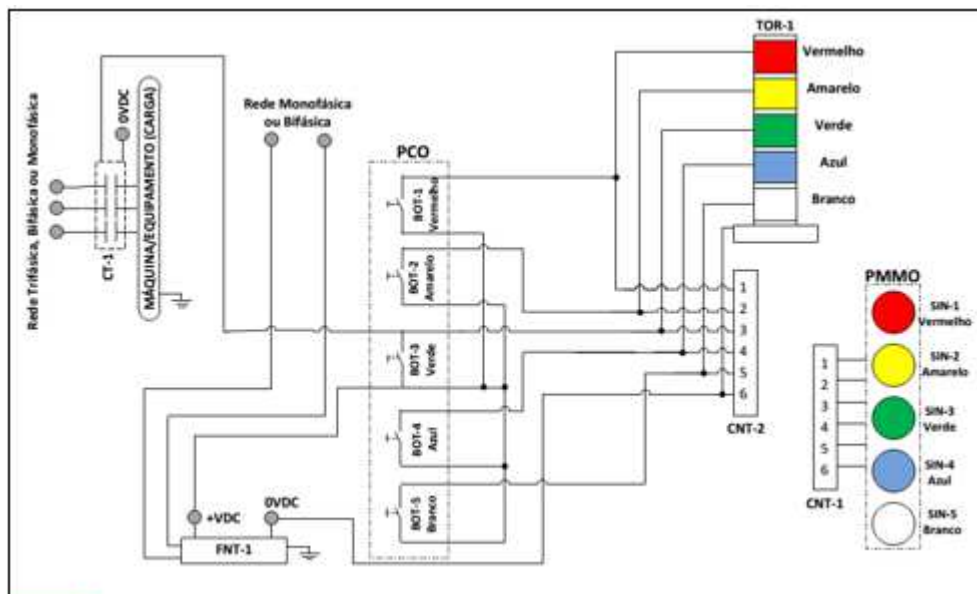


Figura 5 – Esquema elétrico (Via cabeamento elétrico)

A Figura 7 exibe a representação gráfica do Painel de Comportamento Operacional/PCO (presente nos centros de trabalho) e os respectivos Painéis Modulares de Monitoramento Operacional/PMMO (presentes nos setores de apoio – PCP, manutenção e almoxarifado).

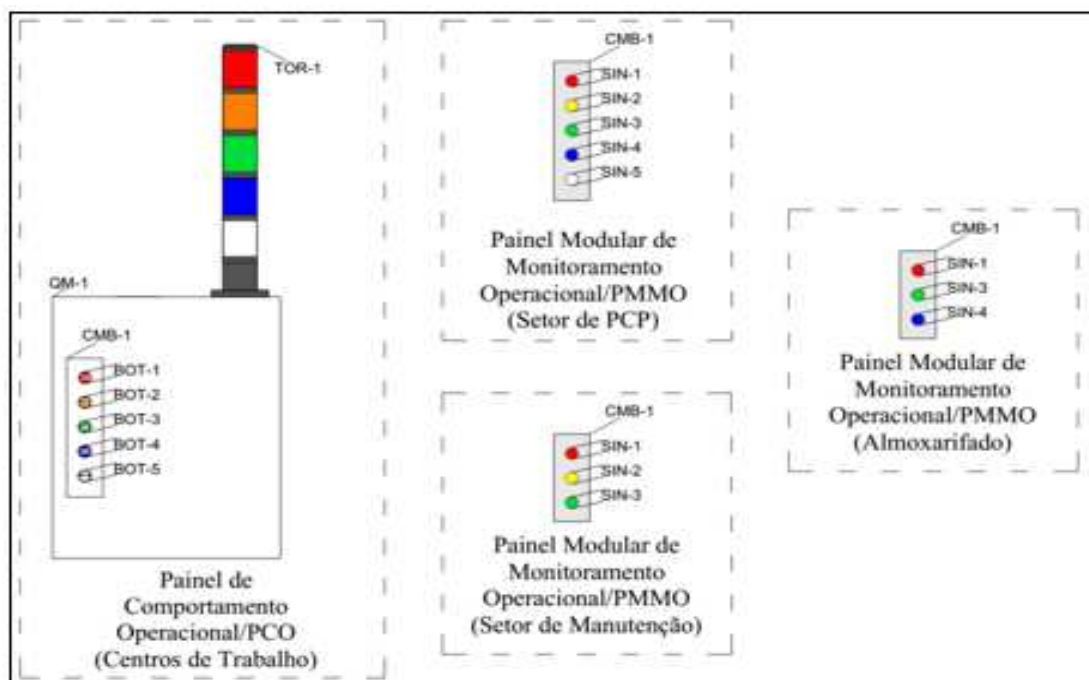


Figura 6 – Representação ilustrativa do PCP e do PMMO.

Já o Quadro 2 mostra a lista de materiais que compõem o presente sistema, tendo em vista os dois referidos meios de transmissão.

Quadro 2 – Lista de materiais do sistema proposto

QUANTIDADE UTILIZADA	CÓDIGO DO COMPONENTE	DESCRIÇÃO
1	BOT-1	Botão iluminado vermelho
1	BOT-2	Botão iluminado amarelo
1	BOT-3	Botão iluminado verde
1	BOT-4	Botão iluminado azul
1	BOT-5	Botão iluminado branco
1	SIN-1	Sinaleiro luminoso vermelho
1	SIN-2	Sinaleiro luminoso amarelo
1	SIN-3	Sinaleiro luminoso verde
1	SIN-4	Sinaleiro luminoso azul
1	SIN-5	Sinaleiro luminoso branco
1	TOR-1	Sinaleiro torre
2	CMB-1	Caixa de montagem (botões e sinaleiros luminosos)
1	PMMO	Painel Modular de Monitoramento Operacional
1	PCO	Painel de Comportamento Operacional
1	CNT-1	Tomada de sete contatos tipo macho
1	CNT-2	Tomada de sete contatos tipo fêmea
1	CT-1	Contator tripolar/bipolar com acionamento 24 VDC
1	QM-1	Quadro de montagem dos componentes
1	FNT-1	Fonte de alimentação chaveada com saída 24 VDC
1	MTW-1	Módulo Transmissor Wireless com alimentação 24 VDC
1	MRW-1	Módulo Receptor Wireless com alimentação 24 VDC

O funcionamento do sistema é determinado levando em consideração os procedimentos e instruções que devem ser adotados pelos operadores nos centros de trabalho e pelos

funcionários nos setores de apoio. Para o Subsistema de *Status* Operacional, o esquema de acionamento dos botões iluminados pelo operador no Painel de Comportamento Operacional/PCO e suas devidas interpretações estão demonstradas no Quadro 3. Assim, consideram-se os seguintes pontos:

- Em cada centro de trabalho, o botão verde é acionado pelo operador deve quando uma ordem de produção é iniciada – enquanto o processamento seguir em regime normal, esse botão deve permanecer acionado até que a ordem seja encerrada;
- Quando da necessidade de manutenção, preparação e/ou ajustes para o cumprimento da ordem programada, mas que não haja interrupção de sua execução, o botão amarelo deve ser pressionado (mantendo acionado o botão iluminado verde) até que o setor de manutenção finalize as atividades corretivas para reestabelecimento do regime normal;
- Em caso de paralização do processamento da ordem programada e/ou interrupções do fluxo produtivo, seja pela ocorrência de anomalias, defeitos operacionais ou a necessidade de execução de *setup* na máquina, o operador deve acionar o botão vermelho, requerendo a presença imediata de funcionários do setor de manutenção;
- O botão azul pressionado pelo operador indica a requisição de materiais/insumos para dar início à execução de uma ordem programada;
- O operador deve acionar o botão branco para solicitar a presença de um funcionário do setor de PCP para solucionar problemas e/ou dúvidas simples, como pequenas reprogramações ou orientações;
- O acionamento simultâneo dos botões branco e vermelho do PCO demanda presença imediata do funcionário do setor de PCP para restabelecer o processamento da ordem de produção, pois a mesma necessita de uma reprogramação;
- O operador deve acionar os botões azul e verde de forma conjunta para requisitar materiais/insumos (adicionais) durante o processamento da ordem de produção programada, sem a necessidade de interrupção da mesma;
- Quando da necessidade de reabastecimento de materiais/insumos ocorre uma paralização na execução da ordem, o operador deve acionar concomitantemente os botões azul e vermelho para o imediato reabastecimento de forma a restabelecer o processamento da ordem.

Quadro 3 – Codificação dos botões coloridos do PCO (operações)

CODIFICAÇÃO DAS CORES DO PAINEL DE COMPORTAMENTO OPERACIONAL		INTERPRETAÇÃO PELO OPERADOR
VD	-	PROCESSAMENTO NORMAL DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
VD	AM	SOLICITAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO, SEM INTERRUÇÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
VM	-	SOLICITAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DEVIDO À PARALISAÇÃO DA OPERAÇÃO (PRESENÇA DE ANOMALIA E/OU NECESSIDADE DE PREPARAÇÃO DE MAQUINAS/EQUIPAMENTOS)
AZ	-	REQUISICÃO DE MATERIAIS/INSUMOS PARA INÍCIO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
BR	-	SOLICITAÇÃO DO SETOR DE PCP DEVIDO À OCORRÊNCIA DE PROBLEMAS E/OU DÚVIDAS SIMPLES, SEM INTERRUÇÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
BR	VM	SOLICITAÇÃO URGENTE DO SETOR DE PCP DEVIDO À PARALISAÇÃO DA OPERAÇÃO
AZ	VD	REQUISICÃO DE MATERIAIS/INSUMOS DURANTE O PROCESSAMENTO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
AZ	VM	REQUISICÃO URGENTE DE MATERIAIS/INSUMOS PARA CONTINUIDADE DO PROCESSAMENTO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA (OPERAÇÃO PARALISADA POR DESABASTECIMENTO)

Já para o Subsistema de Monitoramento e Controle Operacional-PCP, a codificação das cores dos sinaleiros luminosos coloridos que compõem o PMMO e suas interpretações pelo setor de PCP estão exibidas no Quadro 4. Assim, têm-se os seguintes pontos:

- Quando o PMMO apresentar a cor verde, o setor de PCP deve considerar que o processamento da ordem programada para o centro de trabalho em questão apresenta regime normal de funcionamento;
- A presença da cor amarela no PMMO denota a necessidade da presença de um funcionário do setor de manutenção no centro de trabalho para executar ações preventivas para impedir uma provável interrupção da ordem em execução;
- A indicação vermelha no PMMO requer a presença imediata de um funcionário do setor de manutenção no centro de trabalho para restabelecer o fluxo produtivo, pois a ordem em processamento foi interrompida;
- A cor azul no PMMO indica a necessidade de abastecimento de materiais e insumos (permitir início da ordem de produção);
- No PMMO, a cor branca, assim como mencionado, demanda a presença de um funcionário do setor de PCP para solucionar problemas e/ou dúvidas simples do operador em seu centro de trabalho relacionado à ordem de produção vigente, porém sem a interrupção da execução da mesma;
- A indicação das cores branca e vermelha no PMMO demonstram a necessidade da imediata de funcionário do setor de PCP no centro de trabalho em virtude da interrupção do processamento da ordem em execução;

- As cores azul e verde no PMMO sugerem o reabastecimento em operação de materiais/insumos para a ordem de produção programada;
- As cores azul e vermelha no PMMO definem o reabastecimento imediato de materiais/insumos para recompor o processamento de uma ordem de produção.

Quadro 4 – Codificação de cores no PMMO – Setor de PCP

CODIFICAÇÃO DAS CORES DOS PAINEL MODULAR DE MONITORAMENTO OPERACIONAL		INTERPRETAÇÃO PELO SETOR DE PCP
VD	–	PROCESSAMENTO NORMAL DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
VD	AM	NECESSIDADE DA PRESENÇA DO SETOR DE MANUTENÇÃO, SEM INTERRUÇÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
VM	–	SOLICITAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DEVIDO À INTERRUÇÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA E/OU SETUP DA OPERAÇÃO
AZ	–	NECESSIDADE DE MATERIAIS/INSUMOS PARA INÍCIO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
BR	–	NECESSIDADE DA PRESENÇA DO SETOR DE PCP, SEM PARALISAÇÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
BR	VM	SOLICITAÇÃO DO SETOR DE PCP DEVIDO À INTERRUÇÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA (VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE REPROGRAMAÇÃO)
AZ	VD	NECESSIDADE DE REABASTECIMENTO DE MATERIAIS/INSUMOS DURANTE O PROCESSAMENTO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
AZ	VM	NECESSIDADE DE REABASTECIMENTO URGENTE DE MATERIAIS/INSUMOS, COM PARALISAÇÃO DA OPERAÇÃO

A lógica de funcionamento do Subsistema de Monitoramento-Manutenção, o sistema de cores (sinaleiros luminosos) que compõem o PMMO e suas respectivas interpretações pelo setor de manutenção estão exibidos no Quadro 5. Assim, ressaltam-se os seguintes pontos:

- A cor verde sinalizado no PMMO indica para o setor de manutenção que a execução da ordem de produção no centro de trabalho em questão prossegue em regime normal (Sem presença de anomalia operacional);
- Quando as cores verde e amarela estão presentes PMMO há necessidade da presença de um funcionário do setor de manutenção no centro de trabalho para execução de ações preventivas, evitando, dessa maneira, a interrupção do processamento da ordem de produção;
- A luz vermelha no PMMO requer imediata presença de um representante do setor de manutenção no centro de trabalho, visto que ocorreu alguma anomalia/defeitos que paralisaram o fluxo produtivo, para executar ações corretivas ou para executar *setup* no equipamento (para iniciar o processamento de uma ordem de produção programada).

Quadro 5 – Codificação de cores no PMMO – Setor de Manutenção

CODIFICAÇÃO DAS CORES DOS PAINEL MODULAR DE MONITORAMENTO OPERACIONAL		INTERPRETAÇÃO PELO SETOR DE MANUTENÇÃO
VD	-	PROCESSAMENTO NORMAL DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
VD	AM	NECESSIDADE DA PRESENÇA DO SETOR DE MANUTENÇÃO, SEM INTERRUPTÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
VM	-	NECESSIDADE DA PRESENÇA DO SETOR DE MANUTENÇÃO DEVIDO À INTERRUPTÃO DA EXECUÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA (VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE CONSERTOS E/OU PREPARAÇÃO DE MÁQUINAS/EQUIPAMENTOS)

Por fim, para o Subsistema de Monitoramento Operacional-Almoxarifado, a presença dos sinaleiros luminosos que compõem o PMMO e correspondentes interpretações pelo almoxarifado estão elencadas no Quadro 6. Dessa forma, têm-se os seguintes pontos:

- Quando o PMMO apresentar a cor verde, o almoxarifado considera que o processamento da ordem apresenta regime normal, sem a necessidade de intervenção ou abastecimento de materiais/insumos;
- Já a cor azul presente no PMMO requer o abastecimento de materiais/insumos para dar início a execução de uma ordem programada;
- As cores azul e verde no PMMO indicam necessidade de reabastecimento de materiais e insumos durante (*in process*) o processamento da ordem programada;
- As cores azul e vermelha no PMMO denotam imediato reabastecimento de materiais/insumos para que se possa dar continuidade à realização de uma ordem de produção programada que foi interrompida por falta de material.

Quadro 6 – Codificação de cores no PMMO – Setor de Almoxarifado

CODIFICAÇÃO DAS CORES DOS PAINEL MODULAR DE MONITORAMENTO OPERACIONAL		INTERPRETAÇÃO PELO ALMOXARIFADO
VD	-	PROCESSAMENTO NORMAL DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
AZ	-	NECESSIDADE DE MATERIAIS/INSUMOS PARA INÍCIO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
AZ	VD	NECESSIDADE DE REABASTECIMENTO DE MATERIAIS/INSUMOS DURANTE O PROCESSAMENTO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PROGRAMADA
AZ	VM	NECESSIDADE DE REABASTECIMENTO URGENTE DE MATERIAIS/INSUMOS, COM PARALISAÇÃO DA OPERAÇÃO

Portanto, o conceito primário do sistema está na transferência de informações em tempo real, pelos operadores, sobre o comportamento (*status*) e necessidades/requerimentos dentro de

seus respectivos centros de trabalho através do envio de sinais luminosos codificados (vermelho, amarelo, verde, azul e branco) aos setores de PCP, manutenção e almoxarifado. Dessa forma, a ativação de botões coloridos pelos operadores aciona sinaleiros luminosos nos referidos setores, que indicam a situação das operações produtivas concernentes ao andamento das ordens programadas pelo setor de PCP por meio de software específico, comparando-se, então, a programação das ordens (virtual/planejada) com o estado (*in loco*) do andamento das ordens em execução (real).

Finalmente, vale-se ressaltar que o sistema em questão está em processo de patenteamento junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial/INPI, o processamento de informação e o pedido de patenteamento estão sendo realizados pelo Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual da Universidade Federal da Grande Dourados (NIPI-UFGD), o sistema em questão (pedido de patente) é denominado de “Sistema de Acompanhamento e Controle de Operações com Integração a Aplicativo de Programação da Produção”. A declaração de abertura do processo de patente junto ao NIPI-UFGD pode ser visualizada no “Apêndice B”.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades que inserem inovações, diretamente ligadas ao desenvolvimento/projeto de máquinas, dispositivos e equipamentos utilizados no sistema de manufatura são essenciais na manutenção e no aumento do poder de competitividade, e engloba, entre outros, a execução de atividades tecnológicas, científicas, organizacionais, compreendendo a execução de uma série de atividades científicas, tecnológicas e organizacionais. Levando em consideração a obtenção de diferenciação no mercado e uma melhora no posicionamento no ambiente de negócios, toda e qualquer organização deve manter uma preocupação constante e focar esforços de Pesquisa e Desenvolvimento em processos tecnologicamente aprimorados, buscando, dessa maneira, otimizar critérios competitivos importantes, tais como: custos produtivos, níveis de qualidade e produtividade.

As operações-gargalos limitam a capacidade final do sistema produtivo, seja pela ineficiência operacional ou pela descontinuidade do fluxo de materiais, acabam sendo responsáveis ritmo de produção de toda a fábrica, pois ao apresentar uma taxa de produtiva inferior acaba impactando negativamente as operações subsequentes e influencia s as atividades de apoio relacionadas ao suprimento de insumos e matérias-primas, níveis de qualidade no processo, manutenção e preparação dos equipamentos. Falhas na comunicação interna da organização, ou seja, a notificação tardia de problemas/anomalias operacionais gera gargalos produtivos, o que acaba ocasionando uma diminuição indesejada da capacidade operacional, o que, à longo prazo, acarretar na incapacidade em atender a demanda dos produtos e, conseqüentemente, a perda de clientes.

Dessa maneira, a utilização do sistema proposto vem em direção à solução desses problemas ao “empoderar” os operadores, um dos principais pilares do STP, permitindo que os mesmos se tornem tanto responsáveis como disseminadores da política zero defeitos, tornando o processo mais inteligente (*Jidoka*) ao permitir rápida detecção de falhas, impedindo a propagação de defeitos e diminuição nos níveis de qualidade. O desenvolvimento de um sistema, primordialmente de baixo custo, facilitando a aquisição por pequenas e médias indústrias que desejam otimizar os fluxos de informações e materiais presentes no sistema produtivo, proporciona às empresas alcançar um novo patamar de produtividade e eficiência, diminuindo os atuais *gaps* entre empresas de classe mundial e os pequenos e médios produtores, a partir da integração entre a rápida comunicação dos problemas pelos operados e da ágil

tomada de decisão e solução dos problemas pelos setores produtivos e de apoio. Assim, a implantação desse sistema, e de seus conceitos, tem por objetivo uma mudança na filosofia organizacional.

Nessa linha de pensamento, o sistema proposto tem por finalidade estabilizar/nivelar o setor produtivo, pois sua implantação permitirá adequar corretamente os níveis de produção, reduzir os níveis de estoque em processo e, conseqüentemente, melhorar o atendimento da demanda, promovendo uma distribuição mais uniforme das cargas de trabalho nas operações, melhorando a previsibilidade da capacidade produtiva (Quantidades mais constantes produzidas nos períodos de atividade fabril). Outro benefício esperado pela implantação do sistema baseado em *Andon* se relaciona à minimização de discrepância nos tempos de utilização dos principais recursos produtivos (pessoas, máquinas/equipamentos e materiais), melhorando a sincronização dos centros de trabalho e assegurando que os tempos de processamento nesses centros se mantenham semelhantes, numa faixa ótima (indicador de desempenho), estabelecendo um fluxo de produção uniforme, propiciando uma melhor equalização nas taxas de utilização dos recursos de manufatura em termos de atendimento da demanda relacionado às quantidades e prazos preestabelecidos pela programação da produção.

A integração das informações transmitidas/recebidas pelo sistema à um software de gestão PCP, baseado em lógica MRP, associados aos gráficos de *Gantt* permitirá a dinamização da programação da produção, visto que ao acompanhar a execução em tempo real das ordens e atualizar constantemente o estado do processamento da ordem, no caso de paradas e interrupção da linha de produção (codificação vermelha) essa informação será enviada ao software que irá “congelar” a ordem no aplicativo e irá dar continuidade ao mesmo assim que ações corretivas sejam implantadas e que o regime normal (codificação verde), seja acionado novamente no centro de trabalho.

Por fim, o sistema foi construído numa premissa baixo-custo a partir da análise do sistema produtivo de um pequeno fabricante de saneantes químicos localizado em um dos principais polos agroindustriais da Região Centro-Oeste, devido ao baixo capital disponível para investimento da mesma, sendo assim, levando em consideração a tríade de restrições: tempo, custo e qualidade, em relação ao projeto CNPq-RHAE, o tempo foi um fator preponderante, visto que, dentro de todas atividades planejadas, obteve-se um cronograma à curto-prazo para execução dessa atividade, quanto ao custo, assim como mencionado, fora uma restrição/desafio na elaboração do sistema, dessa maneira, para se respeitar o fator qualidade, buscou-se elaborar um sistema robusto e com uma arquitetura mais simples que fosse capaz de

executar todas as funções propostas para o sistema aqui delineado e seus respectivos subsistemas.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Com vistas à melhoria contínua do sistema soluções adicionais foram analisadas no desenvolvimento do novo sistema de acompanhamento da produção, entretanto, como supracitado, restrições no projeto de desenvolvimento tornaram a implantação dessas melhorias inviáveis para a empresa em questão. Dessa maneira, mudanças, modificações, aprimoramentos tecnológicos e inovações para o sistema proposto, que nortearão a elaboração de novos trabalhos e a inserção de incrementos estão relacionados aos seguintes pontos e/ou aspectos/ferramentas da manufatura enxuta:

- **Manutenção Preventiva Total (TPM):** A adição de sensores (vibração, ruído, temperatura, entre outros) nas máquinas/equipamentos presentes nos centros de trabalhos com integração aos Painel de Comportamento Operacional/PCO, permitirão a utilização de manutenção preditiva, automatizando a linha e a prevenção de falhas (*Jidoka*);
- **Andon:** Digitalização dos componentes visuais, tornar todos a comunicação visual integrada à um software próprio, com a utilização de monitores *Touchscreen* e Controladores Lógicos Programáveis (CLP's). Dessa forma, a criação de um ambiente colaborativo e de uma interface com design amigável poderia aprimorar a comunicação interna intersetores, facilitar a utilização pelos operadores e aumentar a velocidade/eficiência com as quais os dados/informações seriam transmitidos/recebidos, agilizando o processo de tomada de decisão;
- **Software de PPCP (Planejamento, Programação e Controle da Produção):** O desenvolvimento de um aplicativo específico e próprio para o planejamento, controle e gerenciamento da produção, visando a total integração do sistema (*hardware*) com o programa (*software*). A elaboração desse aplicativo permitiria a dinamização/integração das atividades de PPCP e setores de apoio, ao, por exemplo, permitir o acompanhamento em tempo real da utilização de insumos e matérias-primas e níveis de estoque. Assim, o software possibilitaria, automaticamente, baseado nos tempos padrões de processamento, abastecimento de linha, requisitar a necessidade de materiais e o reabastecimento do estoque (gerando

ordens de compras). Essa atividade, entretanto, trata-se de uma atividade complexa com a necessidade de elaboração de um projeto com um time multifuncional;

Por fim, o Sistema de Acompanhamento e Controle de Operações proposto, desde de sua concepção, teve um de seus pilares na melhoria e no aprimoramento contínuo. Dessa maneira, analisar, desenvolver e adicionar novos incrementos e atualizações pode levar à elaboração de novos trabalhos nesse tema, já que esse projeto conceitual é adaptável para empresas de vários tamanhos, se tratando de um projeto modular, na qual diferentes componentes que executam as mesmas funções, com alguns incrementos, podem ser adicionados de acordo com os valores investidos, equipe qualificada e um cronograma flexível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHANGA, P.; SHEHAB, E.; ROY, R.; NELDER G. *Critical success factors for lean implementation within SMEs*. Journal of Manufacturing Technology Management, v.17, n. 4, p.460-471, 2005.

AKGUN, A.; LYNN, G.; YILMAZ, C. *Learning process in new product development teams and effects on product success: a socio-cognitive perspective*. Industrial Marketing Management, v. 35, p.210-224, 2005.

ALVES, J. M. O sistema Just in Time Reduz os Custos do Processo Produtivo. In: IV Congresso Internacional de Custos, realizado na Universidade Estadual de Campinas, no período de. Vol. 16. 1995.

ANTONY, J.; BANUELAS, R. *A strategy for survival*. Manufacturing Engineer, v.80, n.3, p.119-21, 2001.

ANTONY,J.; BANUELAS, R. *Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program*, Measuring Business Excellence, v.6, n.4, p.20 – 27, 2002.

BACK, N. *et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri: Manole, 2008.

BARBOSA, F.A. *Um estudo da implantação da filosofia de manufatura just-in-time em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRP II*. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

BARBOSA, F.A.; AGNELLI, J.A.M.; MORENO, A.; SCHEIDE, C.A.; CASARIN, S. A.; VERGARA, W.R.H. *Projeto de uma planta para manufatura de produtos pecuários a partir do reaproveitamento de resíduos plásticos industriais e fibras vegetais*. Produto & Produção, vol. 16 n.2, p. 01-23, mar. 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/49756/34141> .Acesso em: 02 Abr. 2016.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. *Fundamentos da metodologia científica*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2007.

BAXTER, M. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

BEYOND LEAN. *Andon*: andon is one of the three elements that make up the principle of jidoka. Disponível em: <http://www.beyondlean.com/andon.html>. Acesso em: 11 jul 2014.

BOUGHTON N.J; AROKIAM, I.C. *The application of cellular manufacturing: a regional small to medium enterprise perspective*. Journal of Engineering Manufacture, p.751-754, 2000.

BROWNING, T.R.; HEATH, R.D. *Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program*. Journal of Operations Management, v.27, n.1, p.23-44, 2009.

BURBIDGE, J. L. *Planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 1988. Congresso Internacional de Custos. Anais. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP): 1995. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=32>. Acesso em: 14 jul 2014.

CHEN, H. H. *et al.* “Developing new products with knowledge management methods and process development management in a network”. *Computers In Industry: Product Lifecycle Modelling, Analysis and Management*, v. 59, n. 2-3, p. 242-253, 2008.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. *Managing new product and process development*. New York: The Free Press, 1993.

CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). *O que é o rhae, quem pode participar, as bolsas, nova chamada*. Disponível em: <http://cnpq.br/blog/-/blogs/o-que-e-o-rhae-quem-pode-participar-as-bolsas-nova-chamada>. Acesso em: 02 Abr. 2016.

DAVIS, D. *Running today's factory: a proven strategy for lean manufacturing*. Journal of Manufacturing Systems, 1999.

DENNIS, P. S J. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. 3.ed. Boca Raton: Productivity Press, 2015

DICKSON, E. W.; SINGH, S.; CHEUNG, D. S.; WYATT, C. C.; NUGENT, A. S. *Application of lean manufacturing techniques in the emergency department*. The Journal of Emergency Medicine, v.37, p.177-182, 2009.

ELMOSELHY, S.A.M. *Hybrid lean–agile manufacturing system technical facet, in automotive sector*. Journal of Manufacturing System, 2013.

FELD, W.M. *Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. The St. London: Lucie Press, 2000.

FUJIMOTO, T. *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. Boca Raton: Productivity Press, 2001.

FULLERTON, R.R.; WEMPE, W. *Lean manufacturing, non-financial performance measures, and financial performance*. International Journal of Operations and Production Management, v.29, n.3, p.214–240, 2009.

GEMBA SOLUTIONS. *Andon Module Benefits*. Disponível em: <http://www.gembasolutions.co.uk/Products/GAIN4-Andon/Benefits.aspx#>. Acesso em: 10 jul. 2014.

GHINATO, P. *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time*. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GHOBIADIAN, A.; GALLEAR, D. *TQM and organization size*. International Journal of Operations & Production Management, v.17, n.2, p.121-163, 1997.

GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HELO, P.; SUORSA, M.; HAO, Y.; ANUSSORNNITISARN, P. *Toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing*. Computers in Industry, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2014.01.015>. Acesso em: 20 Jun. 2014.

HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. *Factory Physics*. 3.ed. Long Grove: Waveland Press, 2011

IMAI, M. *Gemba Kaizen: a commonsense approach to a continuous improvement strategy 2/e*. New York: McGraw Hill Professional, 2012.

INMAN, R.R.; BLUMENFELD, D.E.; HUANG, N.; LI, J. *Designing production systems for quality: research opportunities from an automotive industry perspective*. International Journal of Production Research, v.41, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-PESQUISA DE INOVAÇÃO (IBGE-PINTEC). *Pesquisa de inovação 2011*. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

JORGE JR, R. *Análise da aplicação do sistema Andon em diferentes ambientes de montagem*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

JURAN, J. M. *Juran on quality by design: the new steps for planning quality into goods and services*. New York: Free Press, 1992.

KENNEDY, J; HYLAND, P. *A comparison of manufacturing technology adoption in SMEs and large companies*. A paper for the Small Enterprise Association of Australia and New Zealand 16th Annual Conference, Ballarat, 2003.

KOSAKA, G. *Jidoka*. Disponível em: http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_102.pdf. Acesso em: 16 mar. 2012

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. “*Product development decisions: a review of the literature*”. *Management Science*, v.47, n.1, p.1-21, 2001.

KRUMWIEDE, D.; SHEU, C. *Implementing SPC in a small organization: a TQM approach*, *Integrated Manufacturing Systems*, v.7, v.1, p.45 – 5, 1996.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEAN INSTITUTE BRASIL. *Como operar um ANDON: explica como a toyota utiliza o "andon" para controlar visualmente as paradas de uma linha de produção*. Disponível em: <http://www.lean.org.br/artigos/36/como-operar-um-andon.aspx>. Acesso em: 12 jul. 2014.

LEAN INSTITUTE BRASIL. *Instituto ensina o Jidoka: ‘pilar’ do Sistema Lean/Toyota*. Disponível em: http://www.lean.org.br/comunidade/releases/Instituto_ensina_Jidoka_pilar_do_Sistema_Lean.pdf. Acesso em 12. Jul. 2014.

LI, S.; RAO, S.S.; RAGU-NATHAN, T.S.; RAGU-NATHAN, B. *Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices*. Journal of Operations Management, v.23, n.6, p.618–641, 2005.

LEAN THINKING. *The Toyota Way*: a summary of the book written by jeffrey k. liker. Disponível em: <http://www.leanthinking.info/TheToyotaWay.pdf>. Acesso em 10 jul. 2014.

LEE, K. B.; WONG, V. “*Identifying the moderating influences of external environments on new product development process*”. Technovation, v. 31, n. 10-11, p.598-612, 2011.

LIKER, J.; MEIER, D. *O Modelo Toyota*: Manual de Aplicação. Porto Alegre: Editora Bookman, 2007.

LIKER, J.K.; *The Toyota way*: 14 management principles from the world’s greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill; 2004.

LINDERMAN, K., SCHROEDER, R.G., CHOO, A. *Six sigma*: the role of goals in improvement teams. Journal of Operations Management, v.24, n.6, p.779–790, 2006.

LOCH, C. H.; KAVADIAS, S. *Handbook of new product development management*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008.

MANUAL DE OSLO. *Manual de oslo*: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0026/26032.pdf. Acesso em 20 de mar. 2014.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK J.; SCHROEDER A. *Léxico Lean*: glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011.

MATT, D.T.; RAUCH ,E. *Implementation of lean production in small sized enterprises*. In CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 2013.

MCKONE, K.E., SCHROEDER, R.G., CUA, K.O. *The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance*. Journal of Operations Management, v.19, n.1, p. 39-58, 2001.

MCLACHLIN, R. *Management initiatives and just-in-time manufacturing*. Journal of Operations Management, v.15, n.4, p.271–292, 1997.

MEREDITH, J. *The strategic advantages of new manufacturing technologies for small firms*. Strategic Manufacturing Journal, v.8, p.249-258, 1987.

MONDEN, Y. *Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time*, 4.ed, Florence: Taylor & Francis, 2010.

MÜLLER, M. H.; FAIRLIE-CLARKE, A. C. “*The evaluation of manufacturing issues in the product development process*”. *Journal Of Materials Processing Technology*, v. 138, n. 1-3, p.2-8, 2003.

NAHMIAS, S. *Production and operations analysis*. 14.ed. New York: McGraw Hill, 2001.

NAKANO, M. ANTEAG: *autogestão como marca*. In: SINGER, P.; SOUZA, A.R. (Eds.) *A economia solidária no Brasil: a autogestão como resposta ao desemprego*. São Paulo: Contexto, 2000.

NAZARENO, R. R. *Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta*. 2003. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

NAZARENO, R.R. *Desenvolvimento de sistemas híbridos de planejamento e programação da produção com foco na implantação de manufatura enxuta*. 2008. Tese (Doutorado- Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos na Universidade de São Paulo.

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

PLENERT, G. *Reinventing Lean: introducing lean management into the supply chain*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.

ROZENFELD, H. *et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, socialism, and democracy*. New York: Perennial Books, 2008.

SEVERINO, A.J. *Metodologia do trabalho científico*. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SHAH, R.; WARD, P.T. *Defining and developing measures of lean production*. *Journal of Operations Management*, Philadelphia, v. 25, n.5, p.785–805, 2007.

SHAH, R.; WARD, P.T. *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance*. *Journal of Operations Management*, v.21, n.4, p.129–149, 2003.

SHINGO, S. *Kaizen e a Arte do Pensamento Criativo: o mecanismo do pensamento científico*. Porto Alegre: Bookman, 2010.

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

SIMPSON, D.F.; POWER, D.J. *Use the supply relationship to develop lean and green suppliers*. *Supply Chain Management: An International Journal*, v.10, n.1, p.60–68, 2005.

SMALLEY, A. *Criando o sistema puxado nivelado: um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia*. Brookline: Lean Enterprise Institute, 2005.

STEVENSON, W.J. *Operations management*. 12.ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

STEFANELLI, P. *Modelo de Programação da Produção Nivelada para Produção Enxuta em Ambiente ETO com Alta Variedade de Produtos e Alta Variação de Tempos de Ciclo*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SUBRAMANIAM, S.K.; HUSIN, S.K.; SINGH, S.K.; HAMIDON, A.H. *Production monitoring system for monitoring the industrial shop floor performance*, *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development* v.3, n.1, p. 28– 35, 2009.

SWINK, M.; NARASIMHAN, R.; KIM, S.W. *Manufacturing practices and strategy integration: effects on cost efficiency, flexibility, and market-based performance*. *Decision Sciences*, v.36, n.3, p.427–457, 2005.

TAJ, S. *Lean manufacturing performance in China: assessment of 65 manufacturing plants*. Manufacturing Technology Management Decision, v.19, p.217-234, 2008.

TREVILLE, S.; ANTONAKIS, J. *Could lean production job design be intrinsically motivating?* contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. Journal of Operations Management, v.24, p. 99–123, 2006

TU, Q.; VONDEREMBSE, M.A.; RAGU-NATHAN, T.S.; SHARKEY, T.W. *Absorptive capacity: enhancing the assimilation of time-based manufacturing practices*. Journal of Operations Management, v.24,n.5, p.692–710, 2006

TUBINO, D. F. *Planejamento e controle da produção*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ULLMAN, D.G. *The mechanical design process*. 4.ed. New York: McGraw Hill, 2009.

ULRICH, K; EPPINGER, S. *Product design and development*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2011.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C.; JACOBS, F. R. *Sistemas de planejamento e controle da produção para gerenciamento da cadeia de suprimentos*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

WARD, P.; ZHOU, H. *Impact of information technology integration and lean/just-in-time practices on lead-time performance*. Decision Sciences, v.37, n.2, p.177–203, 2006.

WARREN, K. *Strategic Management Dynamics*. New York: John Wiley Professional, 2008.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004.

APÊNDICE A – MACROATIVIDADE 1 – ANÁLISE DO AMBIENTE INDUSTRIAL (PROJETO CNPQ-RHAE)

2. Macroatividade 1 – análise do ambiente industrial

2.1. Procedimentos adotados

A metodologia utilizada para analisar o ambiente produtivo da BIOLIMP está baseada em uma adaptação do trabalho desenvolvido por Trindade, Barbosa e Sacomano Neto (2010). A referida metodologia é composta por quatro grandes blocos de avaliação, seus respectivos temas e requisitos de avaliação. A elaboração desse instrumento de avaliação considerou as subáreas da Engenharia de Produção elencadas pela ABEPRO (2008), denominadas de Engenharia Operações e Processos da Produção’, Engenharia da Qualidade, Engenharia Organizacional, Engenharia Econômica e Engenharia do Trabalho, utilizando conceitos e técnicas propostos por autores como Apple (1991), Buffa (1977), Burbidge (1988), Carpinetti, Miguel e Gerolamo (2007), Chiavenato (2006), Clark e Wheelwright (1993), Cooper (2011), Correa e Caon (2002), Gurgel (1996), Martins (2010), Mello *et al.* (2009), Meyers e Stephens (2013), Monks (1987), Montgomery (1994), NBR ISO 9001:2008 (2008), Olivério (1985), Heizer e Render (2013), Tubino (2009), Werkema (1999) e Zaccarelli (1987). Assim, a metodologia está embasada nas seguintes etapas sequenciais e interdependentes:

- Etapa 1 – levantamento de dados/informações *in loco*. Por meio de ensaios fotográficos/filmagens, reuniões e visitas técnicas com roteiro para entrevistas dirigidas baseadas nos quatro blocos de avaliação, foram coletados dados/informações de caráter administrativo, financeiro e ligados à produção, que foram utilizados para um estudo detalhado do processo produtivo da referida indústria;
- Etapa 2 – cálculo da pontuação dos blocos de avaliação e respectivos temas/requisitos. Com base nos dados/informações coletados *in loco* (Etapa 1), fez-se uma análise estruturada quali-quantitativa dos blocos de avaliação e respectivos temas/requisitos com base no cálculo da pontuação adaptada da escala de referência de Likert mencionada por Correa e Caon (2002), que foi assim considerada: zero

a dois (não atende ao requisito), três (atende minimamente ao requisito), quatro (atende regularmente ao requisito) e cinco (atende satisfatoriamente ao requisito) – esses valores representam o nível de adequação da indústria aos conteúdos dos blocos, temas e requisitos avaliados. Em caso de dúvidas e complementação de dados/informações, a equipe de projeto realizou visitas técnicas adicionais para apreender mais detalhes sobre os temas/requisitos avaliativos que, porventura, necessitassem de novo estudo compreensivo. Posteriormente à atribuição de pontuação para todos os requisitos dos temas relacionados aos blocos de avaliação, procedeu-se ao cálculo da pontuação dos temas avaliados, que foi representado pela média aritmética simples da pontuação dos requisitos de avaliação de cada tema analisado. Finalmente, foram determinadas as pontuações dos blocos de avaliação através do cálculo da média aritmética simples da pontuação dos temas avaliados;

- Etapa 3 – classificação dos blocos de avaliação. A partir da finalização da Etapa 2, procedeu-se à classificação de cada bloco avaliado – para isso, foi desenvolvido uma sistemática para análise de cada bloco individual adaptada do conceito de nível de atendimento proposto por Monks (1987) e Tubino (2009) e da teoria sobre capacidade do processo (interpretação das faixas de valores dos índices C_p e C_{pk}), conforme propõe Montgomery (1994) e Werkema (1999). As Tabelas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 exibem o sistema de classificação proposto para os blocos de avaliação individuais;
- Etapa 4 – classificação geral da indústria. Finalmente, calculou-se a pontuação geral da indústria com base na média ponderada das pontuações individuais dos blocos de avaliação. A Tabela 2.5 mostra o sistema de classificação geral da indústria, que se baseia nas mesmas considerações feitas para a elaboração das Tabelas 2.1 a 2.4 (Etapa 3). Dessa forma, considerando o escopo e características da empresa, atribuíram-se pesos diferenciados para cada um dos blocos de avaliação, assim distribuídos:
 - Bloco 1 (Sistema de Administração Geral da Empresa) – Peso 1;
 - Bloco 2 (Sistema de Organização Industrial) – Peso 4;
 - Bloco 3 (Sistema de Custeio e PCP) – Peso 3;
 - Bloco 4 (Sistema de Gerenciamento da Qualidade) – Peso 2.

A Tabela 2.1 mostra o sistema de classificação associado ao Bloco de Avaliação 1.

Tabela 2.1 – Classificação proposta para o Bloco de Avaliação 1 – Sistema de Administração Geral da Empresa.

Faixas do Nível de Atendimento do Bloco de Avaliação 1	Faixas de Pontuação do Bloco de Avaliação 1	Classificação do Bloco de Avaliação 1	Interpretação
100 a 81 %	5,0 a 4,1 pontos	Sistema Capaz	O Sistema de Administração Geral da Empresa é confiável – os processos gerenciais são muito consistentes e plenamente integrados para a organização efetivar todos os requisitos de avaliação elencados nos dois temas avaliados.
80 a 61%	4,0 a 3,1 pontos	Sistema Relativamente Capaz	O Sistema de Administração Geral da Empresa é relativamente confiável – os processos gerenciais apresentam relativa consistência/integração, apresentando necessidades de melhorias pontuais, ou seja, a organização deve desencadear ações dirigidas para atingir plenamente todos os requisitos de avaliação elencados nos dois temas avaliados.
60 a 41%	3,0 a 2,1 pontos	Sistema Incapaz	O Sistema de Administração Geral da Empresa é pouco confiável – os processos gerenciais não apresentam consistência/integração, necessitando de melhorias estruturais, ou seja, devem-se reformular os planos de ação para atender aos requisitos de avaliação elencados nos dois temas avaliados.
40% ou menos	2,0 ou menos pontos	Sistema Totalmente Incapaz	O Sistema de Administração Geral da Empresa não é confiável – o sistema não auxilia o atendimento dos objetivos/metasp organizacionais, devendo sofrer profundas adequações e melhorias em todos os requisitos de avaliação elencados nos dois temas avaliados.

A Tabela 2.2 mostra o sistema de classificação associado ao Bloco de Avaliação 2.

Tabela 2.2 – Classificação proposta para o Bloco de Avaliação 2 – Sistema de Organização Industrial.

Faixas do Nível de Atendimento do Bloco de Avaliação 2	Faixas de Pontuação do Bloco de Avaliação 2	Classificação do Bloco de Avaliação 2	Interpretação
100 a 81 %	5,0 a 4,1 pontos	Sistema Capaz	O Sistema de Organização Industrial é confiável – os processos e a organização interna são muito consistentes e plenamente integrados para a indústria efetivar todos os requisitos de avaliação elencados nos doze temas avaliados.
80 a 61%	4,0 a 3,1 pontos	Sistema Relativamente Capaz	O Sistema de Organização Industrial é relativamente confiável – os processos e a organização interna apresentam relativa consistência/integração, apresentando necessidades de melhorias pontuais, ou seja, a organização deve desencadear ações dirigidas para atingir plenamente todos os requisitos de avaliação elencados nos doze temas avaliados.
60 a 41%	3,0 a 2,1 pontos	Sistema Incapaz	O Sistema de Organização Industrial é pouco confiável – os processos e a organização interna não apresentam consistência/integração, necessitando de melhorias estruturais, ou seja, devem-se reformular os planos de ação para atender aos requisitos de avaliação elencados nos doze temas avaliados.
40% ou menos	2,0 ou menos pontos	Sistema Totalmente Incapaz	O Sistema de Organização Industrial não é confiável – os processos e a organização interna não auxiliam o atendimento dos critérios competitivos (custo, qualidade, tempo de entrega e flexibilidade), devendo sofrer profundas adequações e melhorias em todos os requisitos de avaliação elencados nos doze temas avaliados.

A Tabela 2.3 mostra o sistema de classificação associado ao Bloco de Avaliação 3.

Tabela 2.3 – Classificação proposta para o Bloco de Avaliação 3 – Sistema de Custeio e Planejamento e Controle da Produção/PCP.

Faixas do Nível de Atendimento do Bloco de Avaliação 3	Faixas de Pontuação do Bloco de Avaliação 3	Classificação do Bloco de Avaliação 3	Interpretação
100 a 81 %	5,0 a 4,1 pontos	Sistema Capaz	O Sistema de Custos e PCP é confiável – os processos ligados ao gerenciamento da produção são muito consistentes e plenamente integrados para a organização efetivar todos os requisitos de avaliação elencados nos cinco temas avaliados.
80 a 61%	4,0 a 3,1 pontos	Sistema Relativamente Capaz	O Sistema de Custos e PCP é relativamente confiável – os processos ligados ao gerenciamento da produção apresentam relativa consistência/integração, apresentando necessidades de melhorias pontuais, ou seja, a organização deve desencadear ações dirigidas para atingir plenamente todos os requisitos de avaliação elencados nos cinco temas avaliados.
60 a 41%	3,0 a 2,1 pontos	Sistema Incapaz	O Sistema de Custos e PCP é pouco confiável – os processos ligados ao gerenciamento da produção não apresentam consistência/integração, necessitando de melhorias estruturais, ou seja, deve-se reformular os planos de ação para atender aos requisitos de avaliação elencados nos cinco temas avaliados.
40% ou menos	2,0 ou menos pontos	Sistema Totalmente Incapaz	O Sistema de Custos e PCP não é confiável – o sistema em questão não auxilia o atendimento das necessidades competitivas da indústria, devendo sofrer profundas adequações/melhorias em todos os requisitos de avaliação elencados nos cinco temas avaliados.

A Tabela 2.4 mostra o sistema de classificação associado ao Bloco de Avaliação 4.

Tabela 2.4 – Classificação proposta para o Bloco de Avaliação 4 – Sistema de Gerenciamento da Qualidade.

Faixas do Nível de Atendimento do Bloco de Avaliação 4	Faixas de Pontuação do Bloco de Avaliação 4	Classificação do Bloco de Avaliação 4	Interpretação
100 a 81 %	5,0 a 4,1 pontos	Sistema Capaz	O Sistema de Gerenciamento da Qualidade é confiável – os processos ligados ao gerenciamento da qualidade são muito consistentes e plenamente integrados para a organização efetivar todos os requisitos de avaliação elencados no tema avaliado.
80 a 61%	4,0 a 3,1 pontos	Sistema Relativamente Capaz	O Sistema de Gerenciamento da Qualidade é relativamente confiável – os processos ligados ao gerenciamento da qualidade apresentam relativa consistência/integração, apresentando necessidades de melhorias pontuais, ou seja, a organização deve desencadear ações dirigidas para atingir plenamente todos os requisitos de avaliação elencados no tema avaliado.
60 a 41%	3,0 a 2,1 pontos	Sistema Incapaz	O Sistema de Gerenciamento da Qualidade é pouco confiável – os processos ligados ao gerenciamento da qualidade não apresentam consistência/integração, necessitando de melhorias estruturais, ou seja, devem-se reformular os planos de ação para atender aos requisitos de avaliação elencados no tema avaliado.
40% ou menos	2,0 ou menos pontos	Sistema Totalmente Incapaz	O Sistema de Gerenciamento da Qualidade não é confiável – o sistema em questão não auxilia o atendimento dos requisitos dos clientes/usuários finais, devendo sofrer profundas adequações/melhorias em todos os requisitos de avaliação elencados no tema avaliado.

A Tabela 2.5 mostra o sistema de classificação geral proposto para a indústria.

Tabela 2.5 – Classificação geral proposta para indústria avaliada.

Faixas do Nível de Atendimento	Faixas de Pontuação da Indústria	Classificação Geral da Indústria	Interpretação
100 a 81 %	5,0 a 4,1 pontos	Indústria Altamente Competitiva	A indústria possui equipamentos, processos e produtos com alto grau de inovação, apresentando desenvolvimento organizacional alicerçado no pleno atendimento dos critérios competitivos (custo, qualidade, tempo de entrega e flexibilidade). Os sistemas (blocos de avaliação 1 a 4) apresentam consistência e integração, contribuindo para o elevado desempenho de atividades internas/externas (ligadas aos clientes e fornecedores). A indústria executa o gerenciamento do ambiente competitivo, sendo que os riscos/incertezas presentes nas operações ligadas aos processos de negócio são mínimos e rigidamente planejados/controlados. Os processos produtivos são continuamente inovados/atualizados em termos de uso intenso de automação e tecnologia de informação, sendo que seu corpo de funcionários altamente motivados/comprometidos contribui significativamente para o estabelecimento e consolidação de ciclos rápidos de inovação e aprimoramento global.
80 a 61%	4,0 a 3,1 pontos	Indústria Competitiva	A indústria possui boa parte dos equipamentos, processos e produtos relativamente inovados, apresentando desenvolvimento organizacional que observa critérios competitivos (custo, qualidade, tempo de entrega e flexibilidade). Os sistemas (blocos de avaliação 1 a 4) apresentam boa consistência/integração, contribuindo para o desempenho satisfatório de atividades internas/externas (ligadas aos clientes e fornecedores). A indústria monitora o ambiente competitivo, sendo que há riscos/incertezas aceitáveis nas operações ligadas aos processos de negócio. Os processos produtivos são inovados/atualizados em termos de automação e tecnologia de informação, com a participação de funcionários que contribuem para a estabelecimento/consolidação das inovações inseridas em áreas-chave da organização.
60 a 41%	3,0 a 2,1 pontos	Indústria Minimamente Competitiva	A indústria possui orientação à inovação em alguns equipamentos, processos e produtos, mas as ações gerenciais ainda não estão devidamente alinhadas com os critérios competitivos (custo, qualidade, tempo de entrega e flexibilidade). Os sistemas (blocos de avaliação 1 a 4) apresentam baixa consistência/integração, dificultando o adequado desempenho de atividades internas/externas (ligadas aos clientes e fornecedores). A indústria possui a tendência de reagir às contingências do ambiente competitivo, o que evidencia consideráveis riscos/incertezas às operações ligadas aos processos de negócio. Os processos produtivos são esporadicamente atualizados em termos de mecanização e tecnologia de informação, com baixo envolvimento de funcionários na implantação de melhorias pontuais em produtos e processos produtivos.
40% ou menos	2,0 ou menos pontos	Indústria Não Competitiva	A indústria não possui orientação à inovação em equipamentos, processos e produtos, sendo que as ações gerenciais estão desalinhadas com os critérios competitivos (custo, qualidade, tempo de entrega e flexibilidade), prevalecendo a ‘gestão da rotina’. Os sistemas (blocos de avaliação 1 a 4) não apresentam consistência/integração, prejudicando o adequado desempenho de atividades internas/externas (ligadas aos clientes e fornecedores). A indústria não observa as contingências do ambiente competitivo, o que acarreta grandes riscos/incertezas às operações ligadas aos processos de negócio. Os processos produtivos não são atualizados em termos de mecanização, automação e tecnologia de informação, com praticamente nenhum envolvimento de funcionários na implantação de melhorias em produtos e processos produtivos.

2.2. Resultados alcançados

2.2.1. Bloco de avaliação 1 – sistema de administração geral da empresa

O bloco 1 possui dois temas de avaliação – planejamento estratégico/planos de ação’ e desenho organizacional.

2.2.1.1. Tema avaliado 1: planejamento estratégico e planos de ação

A Tabela 2.6 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.6 – Avaliação do tema ‘Planejamento Estratégico e Planos de Ação’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Determinação dos objetivos/metaspresariais ⁽¹⁾	2,0
Análise competitiva (ambiente externo e interno) ⁽²⁾	3,0
Formulação de estratégias de produção, vendas/ <i>marketing</i> e finanças ⁽³⁾	3,0
Elaboração e desdobramento dos planos de ação estratégicos ⁽⁴⁾	2,5
Elaboração de programas gerenciais ⁽⁵⁾	2,0
Formação de capital de giro, orçamentos e recursos para investimentos ⁽⁶⁾	3,0
Pontuação do Tema Avaliado	2,6

⁽¹⁾ A empresa possui visão e missão definidas, mas não executa formalmente o planejamento estratégico anual.

⁽²⁾ A análise não documentada do ambiente competitivo (consumidores e usuários dos produtos/serviços, fornecedores, concorrentes e legislações/regulamentações) é realizada esporadicamente com foco na pesquisa de preços de produtos concorrentes, na preocupação em atender as legislações/regulamentações e necessidades dos clientes, bem como em um estudo comparativo dos fornecedores de matérias-primas e insumos (maximização da relação custo/qualidade).

⁽³⁾ O processo de formulação das estratégias de produção e finanças ainda ocorre de forma não planejada, mas, no entanto, os planos estratégicos de vendas/*marketing* são bem elaborados e contribuem com o crescimento do mercado atendido pela empresa.

⁽⁴⁾ A elaboração dos planos estratégicos não seguem procedimentos formais, bem como o desdobramento dos mesmos não se dá de forma abrangente por toda a organização.

⁽⁵⁾ As atividades de aquisição de novos equipamentos, recrutamento e seleção de novos funcionários, redução de custos, melhoria nos processos/produtos e captação de recursos financeiros são consideradas bastante informais, mas, entretanto, nota-se que a mesma busca melhorar continuamente a gestão dos seus processos de negócio.

⁽⁶⁾ A organização faz o provisionamento de recursos financeiros para futuros investimentos, mas não existe uma estratégia definida para orçamentos e necessidades de melhorias nos processos.

2.2.1.2. Tema avaliado 2: desenho organizacional

A Tabela 2.7 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.7 – Avaliação do tema ‘Desenho Organizacional’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Estrutura organizacional e quadro de cargos/funcões ⁽¹⁾	2,0
Conteúdo das atividades, procedimentos e regulamentos ⁽²⁾	3,0
Comunicação e tomada de decisão ⁽³⁾	2,5

Avaliação do desempenho para as áreas produtivas e administrativas ⁽⁴⁾	2,0
Planejamento de ações corretivas os setores produtivos ⁽⁵⁾	2,5
Pontuação do Tema Avaliado	2,4

⁽¹⁾ A empresa não apresenta uma estrutura organizacional formalmente definida e não há documento formal que estabeleça cargos/funções definidos.

⁽²⁾ Os procedimentos ligados aos processos produtivos são documentados e baseados em regulamentações de órgãos e agências específicas – no entanto, as operações e atividades não estão registradas em fluxogramas e roteiros de trabalho.

⁽³⁾ Os processos de comunicação e tomada de decisão estão estabelecidos em bases bastante informais, necessitando maior detalhamento em documentos como ordens e roteiros de produção.

⁽⁴⁾ A avaliação de desempenho das áreas internas é executada de maneira não criteriosa e não documentada.

⁽⁵⁾ No ambiente produtivo as ações corretivas são realizadas com relativa rapidez, mas possuem a característica de atender situações emergenciais e inesperadas.

2.2.1.3. Pontuação do bloco de avaliação 1: sistema de administração da empresa

A pontuação do bloco de avaliação 1 foi calculada através da média simples das pontuações dos temas avaliados. A pontuação do Bloco de Avaliação 1 ‘Sistema de Administração Geral da Empresa’ foi dada pela expressão $(2,6 + 2,4) / 2 = 2,5$.

Portanto, o bloco foi avaliado com 2,5 pontos que, conforme apresentado na Tabela 2.1, possui nível de atendimento de 50%, classificação ‘Sistema Incapaz’, pressupondo ‘pouca confiabilidade – os processos gerenciais não são consistentes e não se encontram devidamente integrados às rotinas operacionais, demandando aprimoramentos estruturais através para atendimento dos requisitos de avaliação elencados nos temas avaliados’.

2.2.2. Bloco de avaliação 2 – sistema de organização industrial

O bloco 2 possui doze temas de avaliação – ‘considerações sobre o projeto de fábrica’, ‘limpeza, arrumação e organização das áreas produtivas’, ‘ocupação dos pisos da fábrica, almoxarifado e depósito’, ‘armazenagem de matérias-primas no almoxarifado/processo produtivo’, ‘análise do fluxo de materiais, movimentação de materiais/produtos’, ‘tempos de preparação e inicialização do processo produtivo’, ‘outras atividades na fábrica, almoxarifado e depósito’, ‘recebimento de materiais, expedição de produtos acabados e entregas aos clientes’, ‘organização das plataformas e situação pós-expedição’, ‘gerenciamento de operações e características adicionais da fábrica’ e ‘avaliação dos fornecedores e recebimento de matérias-primas’.

2.2.2.1. Tema avaliado 1: considerações sobre o projeto de fábrica

A Tabela 2.8 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.8 – Avaliação do tema ‘Considerações sobre o Projeto de Fábrica’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Determinação dos produtos e quantidades que serão produzidas ⁽¹⁾	3,0
Elaboração de roteiros e padronização para as atividades produtivas ⁽²⁾	2,0
Determinação da área fabril e equipamentos necessários ⁽³⁾	3,5
Fluxos de materiais/informações e balanceamento de linha ⁽⁴⁾	2,0
Capacidade produtiva (operadores e atividades de apoio) ⁽⁵⁾	2,0
Equipamentos para movimentação/manuseio de materiais ⁽⁶⁾	2,5
Pontuação do Tema Avaliado	2,5

⁽¹⁾ As quantidades dos produtos que serão processados são baseadas em valores históricos e uma previsão não estruturada de vendas.

⁽²⁾ Os roteiros não são de fácil acesso aos operários e as atividades não estão padronizadas, ficando a cargo do operário a definição dos tempos de processamento.

⁽³⁾ A área industrial, bem como os equipamentos necessários, foram dimensionados para atender a uma demanda inicial relativamente pequena, que atualmente foi incrementada, comprometendo a organização das operações de produção.

⁽⁴⁾ O atual arranjo físico da fábrica não facilita o adequado fluxo dos materiais, produtos e informações ao longo do processo produtivo, sendo necessária uma reestruturação do ambiente de manufatura.

⁽⁵⁾ A determinação da capacidade produtiva, em termos do número de operadores e *staff* do processo, foi realizada com base em julgamento pessoal, sem execução de cálculos mais sofisticados.

⁽⁶⁾ Apesar da existência de equipamentos para movimentação de materiais, observa-se grande manuseio de materiais no processo produtivo.

2.2.2.2. Tema avaliado 2: limpeza, arrumação e organização das áreas produtivas

A Tabela 2.9 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.9 – Avaliação do tema ‘Limpeza, Arrumação e Organização das Áreas Produtivas’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Arrumação da fábrica, almoxarifado, depósito e área externa ⁽¹⁾	3,5
Limpeza e segurança da fábrica, almoxarifado e depósito ⁽²⁾	3,5
Arrumação dos postos de trabalho/corredores de movimentação de materiais ⁽³⁾	2,5
Iluminação de corredores de movimentação de materiais, postos de trabalho, almoxarifado, depósito e plataformas de recebimento e expedição de produtos ⁽⁴⁾	4,0
Largura adequada de corredores ⁽⁵⁾	2,0
Pontuação do Tema Avaliado	3,1

⁽¹⁾ Os materiais, em sua maioria, não estão dispostos em prateleiras, havendo certa aleatoriedade nos pontos de armazenagem. Também, a área externa da fábrica possui adequada arrumação e limpeza.

⁽²⁾ A empresa apresenta um bom nível de limpeza, equipamentos e sistemas passivos de segurança.

⁽³⁾ De forma geral, a área produtiva apresenta pontos de obstrução em corredores e postos de trabalho devido ao acúmulo de materiais em processo.

⁽⁴⁾ Observou-se adequado nível de iluminação em áreas produtivas internas, bem como em pontos externos de apoio à produção.

⁽⁵⁾ A largura dos corredores não permite a utilização de empilhadeiras para movimentação interna de materiais, prejudicando o fluxo de processo e ocasionando atrasos na produção e excessivo manuseio.

2.2.2.3. Tema avaliado 3: ocupação dos pisos da fábrica, almoxarifado e depósito

A Tabela 2.10 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.10 – Avaliação do tema ‘Ocupação dos Pisos da Fábrica, Almoxarifado e Depósito’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Ocupação organizada e conservação/limpeza do piso ⁽¹⁾	4,0
Manuseio reduzido devido ao uso de <i>pallets</i> ⁽²⁾	2,5
Ausência de danos em materiais armazenados, movimentados e manuseados ⁽³⁾	4,0
Ocupação volumétrica das áreas produtivas ⁽⁴⁾	2,0
Presença de equipamentos/dispositivos de armazenagem vertical ⁽⁵⁾	2,0
Pontuação do Tema Avaliado	2,9

⁽¹⁾ A ocupação do piso não se dá de forma plenamente organizada, mas apresenta uma boa conservação/limpeza.

⁽²⁾ A movimentação dos materiais ainda não está padronizada com o emprego de *pallets*, havendo muitas atividades de manuseio sem o uso de equipamentos de movimentação adequados.

⁽³⁾ De forma geral, há cuidados com a movimentação/manuseio, observando-se praticamente nenhuma ocorrência de danos nos materiais, sejam esses armazenados, movimentados e/ou manuseados.

⁽⁴⁾ Não se observou o correto aproveitamento volumétrico das áreas produtivas, em especial almoxarifado e depósitos de produtos acabados, comprometendo a capacidade de armazenagem.

⁽⁵⁾ Observaram-se equipamentos/dispositivos de armazenagem vertical em quantidades insuficientes, comprometendo a produtividade das rotinas de movimentação, manuseio e armazenagem dos materiais, em especial o aproveitamento do espaço vertical da planta industrial.

2.2.2.4. Tema avaliado 4: armazenagem de materiais – almoxarifado e processo produtivo

A Tabela 2.11 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.11 – Avaliação do tema ‘Armazenagem de Matérias-Primas no Almoxarifado/Processo Produtivo’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Armazenagem eficiente e ausência de desperdícios físicos ⁽¹⁾	2,5
Manuseio esporádico de cargas ⁽²⁾	2,5
Presença de silos/tanques para armazenagem de matérias-primas ⁽³⁾	3,5
Padronização de <i>containers/pallets</i> ⁽⁴⁾	4,0
Adequação de estantes, corredores e áreas de trabalho ao prédio ⁽⁵⁾	2,5
Uso de FIFO e localização de materiais/produtos em função do giro de estoque ⁽⁶⁾	4,0
Eliminação de esforços físicos com o uso de equipamentos ⁽⁷⁾	3,0
Pontuação do Tema Avaliado	3,1

- (1) A armazenagem de materiais e produtos acabados ainda não está totalmente fundamentada na utilização de porta-pallets e estantes para o almoxarifado, possibilitando alguns desperdícios físicos e perdas consideráveis no espaço de armazenagem vertical.
- (2) Notou-se manuseio expressivo de cargas, comprometendo a produtividade de processos ligados à disponibilização de materiais no processo, bem como a eficiência do próprio processo produtivo com o deslocamento de funcionários para atividades de movimentação e manuseio.
- (3) O processamento industrial utiliza três matérias-primas em grandes quantidades, sendo que duas delas são armazenadas em tanques de grande capacidade, o que dispensa o uso de recipientes menores (e, portanto, diminuindo desperdícios ligados às sobras nessas embalagens).
- (4) Os *pallets* utilizados seguem o padrão PBR, facilitando o deslocamento interno e acomodação de cargas em veículos de transporte.
- (5) Observou-se pequena quantidade de estantes para armazenagem de materiais e produtos, bem como a ausência de padronização na largura de corredores para o uso de empilhadeiras – as áreas de trabalho necessitam de reorganização e nova adequação de espaços.
- (6) A indústria faz o gerenciamento de materiais em função do giro de estoque e do critério *First In First Out* (FIFO), mas não existe sinalização de lotes e apontamentos objetivos.
- (7) Notou-se certa utilização de *pallets* e paleteiras manuais, contribuindo para redução de esforços físicos dos operários, mas, no entanto, ainda há presença de manuseios excessivos e muitas vezes desnecessários de materiais e produtos.

2.2.2.5. Tema avaliado 5: análise do fluxo de materiais

A Tabela 2.12 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.12 – Avaliação do tema ‘Análise do Fluxo de Materiais’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Demarcação de áreas e rotas de movimentação de materiais ⁽¹⁾	3,0
Unidirecionalidade, fluidez e padrão retilíneo do fluxo de materiais ⁽²⁾	2,0
Distâncias curtas entre operações (baixos momentos de movimentação) ⁽³⁾	4,0
Simplificação do arranjo físico e da movimentação de materiais ⁽⁴⁾	2,0
Pontuação do Tema Avaliado	2,8

- (1) A área produtiva possui corredores demarcados, mas não se observou qualquer delimitação visual das áreas ocupadas pelos postos de trabalho, bem como não se verificou rotas para movimentação de materiais.
- (2) O fluxo de materiais observado desde o almoxarifado, passando pelo processo produtivo, até o depósito de produtos acabados apresenta muitas interrupções e não possui características de fluidez que contribuiriam para a eficiência do processo produtivo como um todo.
- (3) Devido ao pequeno porte da planta fabril, observaram-se pequenas distâncias entre as operações produtivas, diminuindo o deslocamento de materiais e funcionários, obtendo-se baixos momentos de movimentação.
- (4) O arranjo físico observado não está devidamente otimizado para o processamento em fluxo contínuo de produtos químicos, acarretando excessiva movimentação de matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados.

2.2.2.6. Tema avaliado 6: movimentação de materiais e produtos

A Tabela 2.13 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.13 – Avaliação do tema ‘Movimentação de Materiais e Produtos’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Movimentação por gravidade e por múltiplos de cargas unitárias ⁽¹⁾	4,0
Prédio adequado à movimentação/manuseio ⁽²⁾	3,5
Observação de normas/regulamentos para movimentação/manuseio de materiais ⁽³⁾	3,5
Pontuação do Tema Avaliado	3,6

⁽¹⁾ A fábrica possui sistema de alimentação de matérias-primas principais no processo por gravidade e, também, faz uso de embalagens diferenciadas para comercialização dos produtos acabados com base no conceito de unitização de cargas.

⁽²⁾ A configuração do prédio fabril, de forma geral, facilita a movimentação/manuseio de materiais, não apresentando desníveis, bem como possui um número adequado de portas de acesso e corredores, ausência de degraus e pisos relativamente nivelados.

⁽³⁾ Não há registros de procedimentos documentados em relação à movimentação de materiais. A indústria disponibiliza equipamentos de proteção individual e de movimentação, mas não padroniza rotinas e treinamento voltado às áreas de armazenagem (almoxarifado e depósito).

2.2.2.7. Tema avaliado 7: tempos de preparação e inicialização do processo produtivo

A Tabela 2.14 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.14 – Avaliação do tema ‘Tempos de Preparação e Inicialização do Processo Produtivo’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Estoque em processo e tempo de início de produção ⁽¹⁾	2,5
Paradas de processo por desabastecimento de matérias-primas/insumos ⁽²⁾	4,0
Manutenção e preparação dos equipamentos ⁽³⁾	2,5
Pontuação do Tema Avaliado	3,0

⁽¹⁾ Observaram-se baixos níveis de estoque em processo, mas, em contrapartida, há altos tempos de início de produção (*start-up time*), comprometendo a produtividade/aproveitamento do tempo útil da mão-de-obra.

⁽²⁾ Verificou-se que a fábrica mantém estoques de segurança para eliminar possíveis paradas nas operações produtivas por falta de matérias-primas/insumos.

⁽³⁾ A fábrica não possui setor formal de manutenção e preparação dos equipamentos, ficando essas tarefas a cargo dos próprios operadores, o que compromete o tempo útil destinado à produção.

2.2.2.8. Tema avaliado 8: outras atividades na fábrica, almoxarifado e depósito

A Tabela 2.15 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.15 – Avaliação do tema ‘Outras Atividades na Fábrica, Almoxarifado e Depósito’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Planejamento de execução da ordem de produção ⁽¹⁾	2,0
Ordens de produção com quantidades-padrão de matérias-primas ⁽²⁾	3,5
Controle dos itens em almoxarifado e depósito ⁽³⁾	3,5
Registros dos materiais e produtos em sistema de informação ⁽⁴⁾	2,0
Presença de movimentadores de materiais ⁽⁵⁾	2,5
Pontuação do Tema Avaliado	2,7

⁽¹⁾ Notou-se tempo de espera significativo para o *start-up* da produção devido à preparação tardia dos recursos necessários ao início do processamento dos produtos (ausência de separação prévia dos materiais e preparação antecipada do posto de trabalho).

⁽²⁾ As ordens de produção estão baseadas em formulações específicas para os produtos, que estipulam rigidamente as quantidades-padrão para manufatura dos produtos, mas, no entanto, não há determinação dos lotes econômicos de produção.

⁽³⁾ O gerenciamento dos materiais e produtos é executado através de planilhas eletrônicas e controles locais/visuais, não havendo um aplicativo específico para essa finalidade.

⁽⁴⁾ Não há um sistema de informação específico para os registros e efetivo controle dos materiais adquiridos de fornecedores e produtos acabados, sendo que a fábrica recorre ao uso de planilhas eletrônicas informatizadas e controles manuais (folhas de verificação) para agilizar essas atividades.

⁽⁵⁾ Não foi observada a presença de abastecedores de linhas no setor produtivo, pois essa função é executada pelos próprios operadores e representa perda significativa da produtividade fabril.

2.2.2.9. Tema avaliado 9: recebimento de materiais, expedição e entregas aos clientes

A Tabela 2.16 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.16 – Avaliação do tema ‘Recebimento de Materiais, Expedição de Produtos Acabados e Entregas aos Clientes’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Organização do depósito primário e secundário ⁽¹⁾	3,5
Separação/organização de pedidos de clientes e gestão de veículos de transporte ⁽²⁾	3,5
Sistema de controle dos itens presentes no almoxarifado e depósito de produtos ⁽³⁾	2,0
Tratamento das reclamações de clientes ⁽⁴⁾	3,0
Pontuação do Tema Avaliado	3,0

⁽¹⁾ Os depósitos primário e secundário estão organizados e limpos, apresentando problemas de aglomeração de produtos acabados paletizados juntamente com produtos unitizados para comercialização.

⁽²⁾ Como não há um sistema de informações para gerenciar pedidos de vendas, a separação e organização dos produtos a serem remetidos aos clientes são executadas com a utilização de folhas de verificação, planejamento de rotas sem uso de aplicativos logísticos e acompanhamento pessoal do carregamento dos veículos de transporte.

⁽³⁾ O controle interno do almoxarifado e depósito é executado através de folhas de verificação e planilhas eletrônicas, não havendo sistema de coleta de dados através de leitura ótica de

código de barras, bem como não é realizada a baixa automática dos estoques de matérias-primas e produtos.

⁽⁴⁾ Não há um sistema formal de atendimento ao consumidor, mas a fábrica disponibiliza em sua *homepage* a possibilidade de contato via e-mail e via telefone.

2.2.2.10. Tema avaliado 10: organização das plataformas e situação pós-expedição

A Tabela 2.17 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.17 – Avaliação do tema ‘Organização das Plataformas e Situação Pós-Expedição’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Limpeza e organização das plataformas de recebimento/expedição ⁽¹⁾	4,0
Ausência de danificação nos produtos por movimentação, armazenamento e transporte deficitários ⁽²⁾	4,0
Localização do almoxarifado, depósito e plataformas de carga/descarga ⁽³⁾	3,0
Agilidade na carga/descarga de veículos de transporte ⁽⁴⁾	2,5
Roteamento/romaneio dos veículos de distribuição dos produtos ⁽⁵⁾	2,0
Independência das plataformas de recebimento e expedição ⁽⁶⁾	2,5
Pontuação do Tema Avaliado	3,0

⁽¹⁾ A plataforma de recebimento/expedição apresenta padrões de limpeza/organização aceitáveis, havendo problemas de nivelamento em relação à altura de carga/descarga de caminhões.

⁽²⁾ Praticamente não há perdas, desvios e danificações dos materiais/produtos durante o processo de movimentação e armazenamento ocasionados por máquinas, equipamentos e dispositivos de transporte inadequados/deficitários.

⁽³⁾ As portas de entrada/saída apresentam tamanho inadequado para as atividades de carga/descarga, estando desniveladas em relação à altura de carga e descarga de caminhões.

⁽⁴⁾ Não há empilhadeiras para facilitar o uso de sistema de *pallets* para armazenagem e movimentação, contribuindo para baixa produtividade das atividades de carga/descarga de veículos de transporte.

⁽⁵⁾ A indústria não realiza estudos para programação de rotas e acomodação de cargas segundo roteiros de entregas preestabelecidos, executando somente um planejamento de entregas.

⁽⁶⁾ A indústria não apresenta uma plataforma específica para o recebimento de materiais/insumos, havendo situações em que a plataforma de expedições dos produtos é utilizada para descarregamento de matérias-primas e itens ligados à produção.

2.2.2.11. Tema avaliado 11: gestão de operações e características adicionais da fábrica

A Tabela 2.18 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.18 – Avaliação do tema ‘Gerenciamento de Operações e Características Adicionais da Fábrica’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Localização de sanitários, setores de manutenção, bombas e EPI's ⁽¹⁾	3,0
Alimentação manual e repetitiva dos equipamentos ⁽²⁾	3,0
Métodos adequados de trabalho e determinação de tempos-padrão para a produção, movimentação, manuseio e armazenagem de materiais ⁽³⁾	2,0
Aquisição de quantidades apropriadas de materiais/insumos ⁽⁴⁾	4,0
Pontuação do Tema Avaliado	3,0

⁽¹⁾ As áreas destinadas aos sanitários e acomodação de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) estão favoravelmente localizadas em relação ao arranjo físico produtivo. Já o setor de manutenção está muito distante das operações produtivas, dificultando a realização de atividades preventivas e corretivas nos equipamentos.

⁽²⁾ A fábrica dispõe de bombas hidráulicas para alimentação de misturadores e envasadoras, mas ainda há inserção manual de matérias-primas e embalagens nestes equipamentos.

⁽³⁾ A empresa não executa um estudo de tempos e métodos, não sendo observados métodos formalizados para execução das atividades produtivas, bem como cálculos de tempo padrão para as mesmas. Somente há um treinamento inicial e acompanhamento dos operadores durante a realização das atividades ligadas ao processamento dos produtos.

⁽⁴⁾ A programação da produção está baseada na redução de estoques desnecessários de materiais e insumos, notando-se a preocupação de adquirir quantidades muito próximas das necessidades de demanda.

2.2.2.12. Tema avaliado 12: avaliação dos fornecedores e recebimento da matéria-prima

A Tabela 2.19 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.19 – Avaliação do tema ‘Avaliação dos Fornecedores e Recebimento da Matéria-Prima’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Materiais/insumos adquiridos com base na formulação dos produtos ⁽¹⁾	5,0
Seleção de fornecedores (localização e custos de transporte) ⁽²⁾	5,0
Devolução e reaproveitamento de embalagens de matérias-primas ⁽³⁾	5,0
Procedimentos documentados para recebimento de materiais e insumos ⁽⁴⁾	4,0
Realização de ensaios para recebimento de matérias-primas ⁽⁵⁾	3,0
Matérias-primas acomodadas em embalagens primárias e secundárias para facilitar utilização no processo ⁽⁶⁾	2,0
Pontuação do Tema Avaliado	4,0

⁽¹⁾ Os produtos fabricados seguem rigidamente as formulações preestabelecidas, sendo que os fornecedores observam as recomendações da fábrica relativas ao cumprimento de especificações nos materiais e insumos abastecidos – alguns fornecedores emitem laudos sobre a qualidade e composição dos itens supridos.

⁽²⁾ A empresa realiza estudos e seleção prévia de fornecedores baseada na minimização de custos logísticos.

⁽³⁾ A fábrica adota um sistema próprio de reaproveitamento de embalagens de grande capacidade, que são lavadas em um setor apropriado e inseridas novamente no processo produtivo.

⁽⁴⁾ Mesmo não havendo um setor específico de recebimento de materiais/insumos, foram observados procedimentos documentados para recepção de matérias-primas que estão baseados em recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitárias/ANVISA para produção de produtos saneantes.

⁽⁵⁾ A indústria realiza ensaios em seu laboratório de análise para algumas matérias-primas consideradas mais críticas. Para materiais e insumos oriundos de fornecedores que possuem laudos específicos de qualidade assegurada, a empresa não realiza nenhum tipo de verificação de características e propriedades dos mesmos.

⁽⁶⁾ A indústria não trabalha com um sistema de produção baseado em lotes-padrão, não realizando o fracionamento de matérias-primas específicas para o processamento de quantidades uniformizadas.

2.2.2.13. Pontuação do bloco de avaliação 2: sistema de organização industrial

A pontuação do bloco de avaliação 2 foi calculada através da média simples das pontuações dos temas avaliados. A pontuação do Bloco de Avaliação 2 ‘Sistema de Organização Industrial’ foi dada pela expressão $(2,5 + 3,1 + 2,9 + 3,1 + 2,8 + 3,6 + 3,0 + 2,7 + 3,0 + 3,0 + 3,0 + 4,0) / 12 = 3,1$. Portanto, o bloco em questão foi avaliado com 3,1 pontos que, conforme apresentado na Tabela 2.2, possui nível de atendimento de 62%, classificação ‘Sistema Relativamente Capaz’, pressupondo indícios de confiabilidade – ‘a organização interna dos processos produtivos apresenta relativa consistência, demandando melhorias pontuais, onde a indústria organização deve desencadear ações dirigidas para atingir plenamente todos os requisitos de avaliação elencados nos temas avaliados’.

2.2.3. Bloco de avaliação 3 – sistema de custeio e PCP

O bloco 3 possui cinco temas de avaliação – ‘determinação dos custos de produção’, ‘planejamento estratégico da produção’, ‘atendimento dos pedidos de clientes, programação-mestre da produção e cálculo das necessidades de materiais’, ‘sequenciamento, emissão e liberação das ordens de produção/compra’ e ‘acompanhamento/controle e apoio à produção’.

2.2.3.1. Tema avaliado 1: determinação dos custos de produção

A Tabela 2.20 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.20 – Avaliação do tema ‘Determinação dos Custos de Produção’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Sistema de custeio da produção e avaliação financeira dos estoques ⁽¹⁾	3,0
Determinação do ponto de equilíbrio e precificação dos produtos ⁽²⁾	2,0
Análise e tratamento das variações dos custos de produção ⁽³⁾	2,0
Pontuação do Tema Avaliado	2,3

⁽¹⁾ A indústria não possui um sistema específico para custeio da produção, não havendo critérios objetivos para o rateio de custos e despesas relativas ao esforço produtivo. Há, entretanto, um controle financeiro dos estoques de matérias-primas e produtos baseados no critério *First-In-First Out* (FIFO).

⁽²⁾ A empresa não possui uma metodologia específica para avaliação do ponto de equilíbrio e precificação dos produtos, somente executando alguns cálculos simplificados relacionados a essa questão.

⁽³⁾ Não foi observada uma rotina formalizada para avaliar e compreender possíveis variações nos custos de produção do *mix* de produtos fabricados. Notou-se, somente, o acompanhamento das variações dos custos relacionados às matérias-primas e insumos, como forma de recompor preços finais dos produtos.

2.2.3.2. Tema avaliado 2: planejamento estratégico da produção

A Tabela 2.21 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.21 – Avaliação do tema ‘Planejamento Estratégico da Produção’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Determinação dos produtos que serão desenvolvidos e posteriormente produzidos ⁽¹⁾	3,0
Elaboração das metas de vendas para os produtos já existentes e os que serão ainda introduzidos ⁽²⁾	3,0
Estimativa do volume de vendas dos concorrentes ⁽³⁾	2,0
Projeção de investimentos futuros para ampliação de capacidade produtiva ⁽⁴⁾	4,0
Cálculo dos <i>leadtimes</i> e eficiência da produção ⁽⁵⁾	2,0
Estudo de capacidade para tratamento dos gargalos de produção ⁽⁶⁾	2,0
Pontuação do Tema Avaliado	2,7

⁽¹⁾ A indústria executa esporadicamente a análise de produtos que serão desenvolvidos/produzidos com base no atendimento de necessidades de mercado.

⁽²⁾ As metas de vendas para os produtos existentes são elaboradas através do uso de planilhas eletrônicas. Entretanto, não se observou estimativas de vendas para produtos que ainda serão desenvolvidos.

⁽³⁾ A empresa não executa uma estimativa formal do volume de vendas de seus concorrentes diretos; entretanto, notou-se que há uma preocupação com o desempenho de firmas que atuam nos mesmos segmentos de mercado da indústria em questão, que executa um levantamento superficial da sua participação e de seus concorrentes.

⁽⁴⁾ Observou-se que a indústria faz a análise e projeção futura para ampliação da capacidade instalada, consoante com aumentos de demanda dos produtos.

⁽⁵⁾ A empresa não mantém registros periódicos sobre o desempenho das operações produtivas (tempos de operação, preparação e inspeção, produção efetiva, determinação de horas paradas, retrabalho e refugo), principalmente relacionado com indicadores objetivos. Contudo, verificou-se que existem procedimentos operacionais padrão que determinam a execução das atividades com relação aos tempos envolvidos na manufatura dos produtos.

⁽⁶⁾ Durante a realização das visitas técnicas não foram observados estudos sistematizados para a prevenção de ociosidades em estações de trabalho (equilíbrio entre taxa de ocupação e capacidade produtiva). Todavia, existe uma grande preocupação gerencial em equilibrar a taxa de ocupação dos equipamentos com a demanda final dos produtos.

2.2.3.3. Tema avaliado 3: atendimento de clientes, programa-mestre e necessidades de materiais

A Tabela 2.22 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.22 – Avaliação do tema ‘Atendimento dos Pedidos de Clientes, Programação-Mestre da Produção e Cálculo das Necessidades de Materiais’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Procedimento de coleta, preparação e produção dos pedidos dos clientes ⁽¹⁾	4,0
Elaboração do plano de vendas, previsão de demanda, programa-mestre de produção, estimativa de capacidade produtiva agregada/detalhada, cálculo da necessidade dos materiais e geração das ordens de produção/compra ⁽²⁾	2,0
Gerenciamento dos estoques de matérias-primas, materiais em processo, produtos acabados e estoques de segurança ⁽³⁾	2,5
Pontuação do Tema Avaliado	2,8

⁽¹⁾ A indústria possui procedimentos para coletar, registrar, preparar e produzir os pedidos de vendas, mas foi notado que não existe um sistema de base informatizada para facilitação dessas atividades.

⁽²⁾ Devido à ausência de um sistema de planejamento e controle da produção informatizado, a empresa possui dificuldades para realizar as atividades relacionadas ao plano de vendas, previsão de demanda, programa-mestre de produção, estimativa de capacidade produtiva agregada/detalhada, cálculo da necessidade dos materiais e geração das ordens de produção/compra. No entanto, observou-se que são executadas rotinas simplificadas para elaboração desses documentos de apoio à manufatura.

⁽³⁾ A indústria, apesar da ausência de sistema informatizado para apoio ao planejamento e controle da produção, executa rotinas de gerenciamento informais para evitar desabastecimentos de matérias-primas e produtos acabados.

2.2.3.4. Tema avaliado 4: sequenciamento/emissão/liberação de ordens de produção/compra

A Tabela 2.23 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.23 – Avaliação do tema ‘Sequenciamento, Emissão e Liberação das Ordens de Produção e Compra’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Programação e sequenciamento das ordens de produção e compra ⁽¹⁾	2,5
Determinação das cargas de máquinas e alocação das ordens de produção ⁽²⁾	2,0
Planejamento, execução e acompanhamento das ordens de compra (fornecedores) ⁽³⁾	3,5
Pontuação do Tema Avaliado	2,6

⁽¹⁾ A programação da produção e o sequenciamento de ordens não estão integralmente baseados em fluxogramas de operações, roteiros de produção, requisições de materiais, fichas de movimentação/inspeção, desenhos, listas de materiais/formulações e especificações dos produtos. Também, de certa forma, verificou-se que a ausência de um sistema informatizado para apoio ao gerenciamento da produção contribui para deficiências na realização das atividades supracitadas.

⁽²⁾ Da mesma maneira que no requisito anterior, a falta de um sistema computacional de gerenciamento da produção, também traz impactos negativos para na determinação da carga de máquina e alocação de ordens nos postos de trabalho.

⁽³⁾ As atividades ligadas ao suprimento de matérias-primas e insumos oriundos de fornecedores são relativamente bem executadas, mesmo diante da ausência do sistema informatizado de gerenciamento da produção.

2.2.3.5. Tema avaliado 5: acompanhamento, controle e apoio à produção

A Tabela 2.24 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.24 – Avaliação do tema ‘Acompanhamento, Controle e Apoio à Produção’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação do Requisito
Método de acompanhamento e controle da produção, cálculo da eficiência da mão-de-obra, controle de atrasos e quebra e parada de máquinas ⁽¹⁾	2,5
Controle de horas normais de produção e horas-extras ⁽²⁾	3,0
Manutenção e preparação dos equipamentos no processo produtivo ⁽³⁾	3,0
Pontuação do Tema Avaliado	2,8

⁽¹⁾ O método de acompanhamento e controle da produção, bem como o cálculo da eficiência da mão-de-obra, controle de atrasos e quebra /parada de máquinas, são realizados de modo informal devido, principalmente, à ausência de um sistema computacional de planejamento e controle da produção.

⁽²⁾ A determinação das necessidades e o controle de horas normais de produção e horas-extras também são prejudicados pela não utilização de um sistema computacional de planejamento e controle da produção.

⁽³⁾ As atividades ligadas à manutenção e preparação dos equipamentos são executados segundo as necessidades imediatas e respeito às recomendações de órgãos fiscalizadores, mas também são prejudicadas pela falta de dados/informações provenientes de um sistema informatizado de planejamento e controle da produção.

2.2.3.6. Pontuação do bloco de avaliação 3: sistema de custos e PCP

A pontuação do bloco de avaliação 3 foi calculada através da média simples das pontuações dos temas avaliados. A pontuação do Bloco de Avaliação 3 ‘Sistema de Custos e Planejamento e Controle da Produção’ foi dada pela expressão $(2,3 + 2,7 + 2,8 + 2,6 + 2,8) / 5 = 2,6$. Portanto, o bloco em questão foi avaliado com 2,6 pontos que, conforme apresentado na Tabela 2.3, possui nível de atendimento de 52%, classificação ‘Sistema Incapaz’, pressupondo pouca confiabilidade – ‘o gerenciamento dos processos produtivos não apresenta consistência e, também, possui pouca efetividade com relação aos critérios de desempenho associados diretamente à manufatura (custos, entregas, nível de estoques intermediários e flexibilidade operacional), o que demanda planos de ação para implantação de melhorias estruturais para se atender aos requisitos de avaliação elencados nos temas avaliados’.

2.2.4. Bloco de avaliação 4 – sistema de gerenciamento da qualidade

O bloco 4 possui um tema de avaliação – ‘sistema básico de garantia da qualidade’.

2.2.4.1. Tema avaliado: sistema básico de garantia da qualidade

A Tabela 2.25 mostra a pontuação dos requisitos de avaliação do referido tema (em sua parte inferior estão os resumos das justificativas para a pontuação dos requisitos avaliados).

Tabela 2.25 – Avaliação do tema ‘Sistema Básico de Garantia da Qualidade’.

Requisitos de Avaliação	Pontuação
Conhecimento/pleno atendimento às necessidades atuais/futuras dos clientes, bem como o monitoramento/medição da satisfação dos clientes ⁽¹⁾	3,5
Utilização de ferramentas para controle da qualidade, política/objetivos da qualidade, manual da qualidade, instruções, documentos, procedimentos e registros ⁽²⁾	3,0
Sistema de garantia da qualidade (e responsável pelo mesmo), treinamento e conscientização dos funcionários ⁽³⁾	2,5
Equipamentos de medição, análise e calibração, tratamento de não-conformidades e rastreabilidade do processo ⁽⁴⁾	4,0
Ações corretivas/preventivas e melhoria contínua ⁽⁵⁾	3,0
Pontuação do Tema Avaliado	3,2

⁽¹⁾ A indústria busca conhecer e atender as necessidades dos clientes através de pesquisas de satisfação, avaliação da percepção de qualidade dos produtos e reivindicações de garantia. No entanto, a empresa não faz uma avaliação formal e periódica da satisfação dos clientes.

⁽²⁾ Não se verificou a utilização frequente das ferramentas da qualidade, como o ciclo PDCA, fluxogramas, listas de verificação/*check-lists*, diagramas de causa e efeito e gráficos de controle. Contudo, notou-se a presença de documentos básicos relacionados ao gerenciamento da qualidade, como manuais, procedimentos, registros e documentos diversos.

⁽³⁾ Apesar da ausência de um sistema formal de garantia da qualidade, observou-se a preocupação e o atendimento aos requisitos dos produtos durante as etapas de processamento. Como não há um sistema da qualidade formalizado, também não foi encontrado um responsável direto pelo mesmo. Em compensação há, por parte da empresa, uma preocupação em fornecer treinamento operacional aos funcionários.

⁽⁴⁾ Na indústria há um laboratório de medição/análise das matérias-primas e produtos acabados. As não-conformidades são tratadas através de rotinas de segregação, reaproveitamento e/ou destinação final dos itens defeituosos. A rastreabilidade do processo é feita através de documentos associados à produção, como ordens de fabricação/compra e impressão nas embalagens dos produtos (datas de validade e códigos de lotes de produção).

⁽⁵⁾ Durante a realização de visitas técnicas não foram detectadas rotinas ligadas à realização de ações preventivas no processo produtivo, bem como projetos de melhoria contínua nos postos de trabalho. As ações corretivas são executadas de maneira a corrigir rapidamente problemas oriundos de paradas de máquinas e interrupções no fluxo produtivo.

2.2.4.2. Pontuação do bloco de avaliação 4: sistema de gerenciamento da qualidade

A pontuação do bloco de avaliação 4 foi calculada através da média simples das pontuações dos temas avaliados. A pontuação do Bloco de Avaliação 4 ‘Sistema de Gerenciamento da Qualidade’ foi dada pela pontuação obtida no único tema avaliado ‘Sistema Básico de Garantia da Qualidade’, que foi de 3,2 pontos. Portanto, o bloco em questão foi avaliado com 3,2 pontos que, conforme apresentado na Tabela 2.4, possui nível de atendimento de 52%, classificação ‘Sistema Relativamente Capaz’, pressupondo indícios de confiabilidade – ‘os processos ligados ao gerenciamento da qualidade dos processos produtivos são relativamente consistentes e integrados, apresentando necessidades de melhorias pontuais,

sendo que a indústria deve desencadear ações dirigidas para atingir plenamente todos os requisitos de avaliação elencados no tema avaliado’.

2.2.5. Pontuação geral da indústria e considerações adicionais

A pontuação geral da indústria foi calculada através da média ponderada das pontuações dos quatro blocos de avaliação, cujos pesos foram peso 1 (Bloco 1 – Sistema de Administração Geral da Empresa), peso 4 (Bloco 2 – Sistema de Organização Industrial), peso 3 (Bloco 3 – Sistema de Custeio e PCP) e peso 2 (Bloco – Sistema de Gerenciamento da Qualidade).

A pontuação geral da indústria em questão foi calculada através da expressão $[(1 \times 2,5) + (4 \times 3,1) + (3 \times 2,6) + (2 \times 3,2)] / 10 = 2,9$. Portanto, indústria foi avaliada com 2,9 pontos que, conforme apresentado na Tabela 2.5, possui nível de atendimento de 58%, classificação ‘Indústria Minimamente Competitiva’, pressupondo orientação à inovação em equipamentos, processos e produtos considerados ‘chave’, mas as ações gerenciais ainda não estão devidamente alinhadas com os indicadores de competitividade – desempenho de entregas, custos, nível de estoques intermediários, flexibilidade operacional, flexibilidade para lançamento de novos produtos e capacidade de inovação.

Portanto, os sistemas de apoio organizacional analisados, representado pelos blocos de avaliação 1 a 4, apresentaram, no âmbito geral baixa consistência e integração com relação aos processos de negócio, dificultando ganhos de produtividade baseados no desempenho otimizado das atividades internas e externas (ligadas aos clientes e fornecedores). A indústria possui a tendência natural de reagir às contingências do ambiente competitivo, o que evidencia consideráveis riscos e incertezas à manutenção de suas operações e expansão da participação de mercado em termos regionais. O sistema de produção é esporadicamente atualizado em termos de mecanização e tecnologias de informação, com pequeno envolvimento de funcionários na implantação de melhorias em produtos e processos.

APÊNDICE B – DECLARAÇÃO ABERTURA PROCESSO DE PATENTE

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
ASSESSORIA DE PROJETOS, CAPTAÇÃO DE RECURSOS E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
NÚCLEO DE INOVAÇÃO E PROPRIEDADE INTELECTUAL

**UF-
GD**

DECLARAÇÃO

Pela presente declaração, abaixo firmada, atestamos que os inventores Fábio Alves Barbosa, portador do CPF: 256.481.658-46, residente na Rua Antônio Spoladore, nº 40 – CEP: 79823-460, Parque Alvorada, Dourados – Mato Grosso do Sul, Lilian Gloria Teixeira Sakai, portadora do CPF: 036.205.538-66, residente na Rua Joaquim Alves Taveira, nº 1311, CEP 79823-050, Dourados – Mato Grosso do Sul, Guilherme Faria Da Silva Ribeiro, portador do CPF: 031.620.141-31, residente na Rua Filinto Muller, nº 891, CEP:79702-000, Fátima do Sul – Mato Grosso do Sul, têm processo aberto de depósito de pedido de patente junto ao Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual (NIPI) da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, intitulado: SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DE OPERAÇÕES COM INTEGRAÇÃO A APLICATIVO DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO, derivado do projeto, Edital MCT/CNPq nº. 75/2010 – RHAE (Pesquisador na Empresa), intitulado: Desenvolvimento e Inovação em Equipamentos e Processos de Produção de Saneantes Agroindustriais.

O processo está em período de análise de atendimento dos requisitos de patenteabilidade para encaminhamento ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI e recebimento de protocolo inicial provisório, e dentro de 18 meses receberá protocolo final com sua publicação na Revista de Propriedade Industrial – RPI, para proteção patentária.

Dourados, 16 de setembro de 2014.


Prof. André Luis Duarte Goneli
Diretor
Assessoria de Projetos, Captação de Recursos
e Inovação Tecnológica
NIPI