

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA
ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

MATHEUS BORSATO BELO

**Mapeamento de Fluxo de Valor de um processo de manufatura de placas fotovoltaicas:
Uma abordagem da indústria 4.0**

SÃO JOÃO DA BOA VISTA - SP

2021

MATHEUS BORSATO BELO

**Mapeamento de Fluxo de Valor de um processo de manufatura de placas fotovoltaicas:
Uma abordagem da indústria 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações.

Orientador: Prof^o Dr. José Augusto de Oliveira

SÃO JOÃO DA BOA VISTA - SP

2021

B452m	<p>Belo, Matheus Borsato</p> <p>Mapeamento de Fluxo de Valor de um processo de manufatura de placas fotovoltaicas: Uma abordagem da indústria 4.0 / Matheus Borsato Belo. -- São João da Boa Vista, 2021</p> <p>43 p.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Telecomunicações) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus Experimental de São João da Boa Vista, São João da Boa Vista</p> <p>Orientadora: José Augusto de Oliveira</p> <p>1. Lean manufacturing. 2. Métodos de simulação. 3. Indústria eletrônica. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Câmpus Experimental de São João da Boa Vista. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Mapeamento de Fluxo de Valor de um processo de manufatura de placas
fotovoltaicas: Uma abordagem da indústria 4.0**

Aluno: Matheus Borsato Belo
Orientador: Prof. Dr. José Augusto de Oliveira

Banca Examinadora:

- José Augusto de Oliveira (Orientador)
- Aline Amorim de Almeida Fernandes (Examinadora)
- Elmer Mateus Gennaro (Examinador)

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no prontuário do aluno (Expediente nº 039/2019)

São João da Boa Vista, 15 de dezembro de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por ser meu suporte em todos esses anos de graduação.

Agradeço a quem hoje é minha esposa, Ana Cecília Oliveira Borsato, por ter passado boa parte dessa fase comigo.

Aos meus grandes amigos Murilo Escarabelin e Vitor Fernandes por tornar todo o processo mais fácil.

Em especial agradeço ao professor e mentor José Augusto de Oliveira, por fazer sempre muito além do que se espera dele, mudando a vida de muitas pessoas que passam pelo seu caminho.

RESUMO

A fim de obterem resultados operacionais e econômicos cada vez melhores, as empresas de diversos setores, visam minimizar os desperdícios e maximizar seus lucros, utilizando diversas ferramentas. Entre elas, é possível citar o Lean Manufacturing, que se trata de uma filosofia de gestão oriunda do Sistema Toyota de Produção. Este trabalho buscou realizar um estudo e uma simulação de um *layout* fabril, e sugerir o melhor cenário para produção de painéis eletrônicos e solares, a partir de um sistema de manufatura em uma empresa do setor de energia limpa, fabricante de painéis solares. Durante o estudo, foram coletados dados sobre os processos produtivos na empresa fabricante. Com a posse dos dados, foram realizadas simulações através do *software* Tecnomatix™ desenvolvido pela Siemens, no qual foi avaliado o cenário atual e também qual cenário seria o mais vantajoso e viável, partindo da ótica operacional e econômica.

Palavras-chave: Produção enxuta; Indústria Eletrônica; Simulação; *Layout* Fabril.

ABSTRACT

In order to obtain even better operational and economic results, companies from different sectors aim to minimize waste and maximize profits, using different tools. Among them, it is possible to mention Lean Manufacturing, which is a management philosophy derived from the Toyota Production System. This work aimed to carry out a study and a simulation of a factory layout, and to suggest the best scenario for the production of electronic and solar panels, from a manufacturing system in a company in the clean energy sector, a manufacturer of solar panels. During the study, data were collected on the production processes in the manufacturing company. With the data in hand, simulations were carried out using the TecnomatixTM software developed by Siemens, in which the current scenario was evaluated and also which scenario would be the most advantageous and viable, from an operational and economic perspective.

Keywords: Lean manufacturing; Electronic Industry; Simulation; Factory Layout.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ícones de fluxo MFV

Figura 2 - As Cinco Facetas do Modelo Prisma de Desempenho

Figura 3 - Esquemático 3D da linha de produção atual

Figura 4 – Mapa de Fluxo de Valor do cenário atual.

Figura 5 - Dados operacionais das estações de trabalho em função do tempo total disponível, cenário atual

Figura 6 - Esquemático 3D da linha de produção sugerida como cenário um

Figura 7 - Dados operacionais das estações de trabalho em função do tempo total disponível, cenário um

Figura 8 - Esquemático 3D da linha de produção sugerida como cenário dois

Figura 9 – Mapa de Fluxo de Valor do cenário atual.

Figura 10 - Dados operacionais das estações de trabalho em função do tempo total disponível, cenário dois

Figura 11 – Comparativo entre os cenários

LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS

JIT - Just In Time

LM - Lean Manufacturing

ME - Manufatura Enxuta

MFV - Mapa de Fluxo de Valor

PP - Processos Produtivos

PE - Produção Enxuta

STP - Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA	9
1.2 OBJETIVOS	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 LEAN MANUFACTURING	10
2.1.1 FERRAMENTAS E PILARES DO LEAN	12
2.1.1.1 JIDOKA	12
2.1.1.1.a FERRAMENTA ANDON	12
2.1.1.1.b MÉTODO POKA-YOKE	13
2.1.1.1.c KAIZEN	13
2.1.1.2 JUST IN TIME	13
2.1.1.2.a KANBAN	14
2.1.1.2.b SMED	15
2.1.1.3 FLUXO CONTÍNUO	15
2.1.1.4 TAKT TIME	16
2.1.1.5 MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)	16
2.1.1.6 METODOLOGIA 5S	18
2.1.2 APLICAÇÃO DA PE EM TELECOMUNICAÇÕES	18
2.2 MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DE PP	20
2.2.1 QUANTUM	20
2.2.2 BALANCED SCORECARD	22
2.2.3 MODELO DE PRISMA DE PERFORMANCE	23
2.2.4 SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO GLOBAL	24
2.2.5 MEDIÇÃO DE DESEMPENHO EM PP DE TELECOMUNICAÇÕES	25
2.3 INDICADORES E MÉTRICAS DE DESEMPENHO EM PP	25
2.3.1. DOCK-TO-DOCK TIME	28
2.3.2 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)	28
3 METODOLOGIA	29
3.1 PREPARAÇÃO TÉCNICAS	29
3.2 FASE OPERACIONAL	30
3.3 FASE DE ANÁLISE	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 CENÁRIO ATUAL	30
4.2 CENÁRIO 1	33
4.3 CENÁRIO 2	35
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência da decadência do sistema econômico capitalista na Grande Depressão de 1929 e, também, à presença das potências econômicas nas grandes guerras nas primeiras décadas do século XX, países subdesenvolvidos como o Brasil, puderam iniciar seus próprios processos de industrialização. Das décadas de 1950 até 1980, aproximadamente, o foco do país se voltou ao processo de substituição de importações, baseado na influência da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, alinhando-se aos líderes mundiais (MIRANDA, 2018).

Nesse contexto consolida-se, assim, uma industrialização maciça, no qual o setor se torna o centro da economia e firma-se como seu principal eixo para crescimento. Atualmente, o capital estrangeiro sob forma de capital produtivo, também contribui entrelaçado ao Estado, com investimentos expressivos em infraestrutura e indústrias de base, a fim de servir como alicerce para o crescimento econômico (BRAGUETO, 2018).

A manufatura em geral, e a manufatura eletrônica em particular, foram diretamente influenciadas pela expansão da competitividade, graças às mudanças nos mercados tecnológicos e pelo acréscimo na complexidade e na incerteza do ambiente competitivo. Além do custo e da confiabilidade dos produtos, também a entrega e a capacidade de inovação passaram a influenciar a competição, característica que afetam diretamente a mentalidade produtiva. Ao enfoque industrial exclusivo de eficiência e automação rígida, têm sido agregados enfoques pós-industriais de rápida resposta a clientes (CAMARGO; DA SILVA, 2018).

Ao observar a economia brasileira, é possível afirmar que o setor eletrônico concentra mais de 2% do PIB brasileiro, segundo os dados da própria Associação Brasileira da Indústria Elétrica Eletrônica (Abinee). Portanto, o segmento eletrônico empregou mais de 250 mil funcionários em 2020, sendo crucial para o crescimento brasileiro (Abinee, 2021).

Os métodos conhecidos como *Lean Manufacturing* (LM) surgiram por volta de 1950, na empresa japonesa Toyota. Segundo Ohno (1997), o grande objetivo ao empregar as técnicas da Produção Enxuta (PE) em uma produção é reduzir os desperdícios observados e até mesmo os ocultos, entre eles, desperdícios referentes à estoques, retrabalhos, movimentações desnecessárias, superprodução e mal dimensionamento, processos desnecessários entre outros (WERKEMA, 2006).

Para que seja alcançado os objetivos e traga sucesso à empresa interessada, é fundamental uma mudança completa em seu interior - desde o âmbito cultural até mesmo ao organizacional. Com essas atitudes, pode-se estruturar o modelo de melhoria contínua, onde diariamente são buscados novos aprimoramentos e reinvenções no método de trabalho (WERKEMA, 2006).

O *layout* tem influência direta em seu processo produtivo (ASSUNPÇÃO; JACOBS, 2019). Layouts elaborados da forma correta, fornecem credibilidade aos clientes que visitam a empresa, além disso, o *layout* equilibrado melhora o fluxo do processo, a supervisão e o bem estar dos operadores. Além de otimizar espaço e movimentações, pode-se também aumentar a sua eficiência, trazendo aos funcionários mais qualidade de trabalho. Como consequência, aumentando sua eficiência, aumentam também seus resultados e metas (PEIXOTO *et al.*, 2013).

A respeito do setor energético, a energia fotovoltaica se dá pela conversão da luz solar em corrente elétrica, através placas constituídas de fotocélulas a partir de um material semicondutor, como silício cristalino, arenito de gálio, silício amorfo hidrogenado, telureto de cádmio e células CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selênio), essenciais nesse processo (CABRAL, 2012).

Para inserir a energia solar, com papel representativo na matriz energética brasileira, é necessário o aprimoramento de uma robusta cadeia produtiva e de viabilidade econômica dessa fonte, salientado por Carlos Alexandre Príncipe Pires, o coordenador geral de Eficiência Energética do Ministério de Minas e Energia (REVISTA SOL BRASIL, 2010).

Com isso, surgiu a seguinte questão: Dentro do escopo de uma planta industrial de montagem de painéis fotovoltaicos, qual seria configuração ótima de *layout* produtivo para obter-se o melhor desempenho operacional?

1.1 JUSTIFICATIVA

Dado o contexto apresentado, o trabalho justifica-se por analisar, verificar e sugerir o melhor *layout* possível a fim de maximizar a produção industrial, onde as atividades são otimizadas, os gargalos produtivos reduzidos e o trabalho dos operadores maximizado.

No setor energético, é de suma importância a utilização de novas técnicas para manter as empresas competitivas no mercado, dada a tamanha concorrência que estabelecem entre si e, desta forma, a importância do trabalho é ressaltada, uma vez que se poderá confirmar o melhor cenário produtivo.

1.2 OBJETIVOS

O trabalho apresentado tem como principal objetivo formalizar um cenário otimizado para o *layout* empregado pela empresa do setor energético, fundamentado pelas técnicas do LM. Para isso, foi utilizado o mapeamento do Fluxo de Valor e o *software* TecnomatixTM da Siemens, que possui alta capacidade de ensaio e de detalhamento para simulações industriais, entregando um resultado muito próximo do observado no cenário industrial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEAN MANUFACTURING

O Lean Manufacturing traduzido para o português como “Produção Enxuta”, ou, ainda, Manufatura Enxuta (ME), é um modelo de produção com processos que focam inteiramente na eficiência produtiva. Esse modelo estabelece meios que priorizam a economia de insumos e a diminuição de custos, a fim de eliminar ou diminuir consideravelmente desperdícios da cadeia de produção e, dessa forma, aumentar a produtividade. Ele também pode ser conhecido como uma modificação do Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System – STP*), uma vez que foi desenvolvido pelo executivo da Toyota, Taiichi Ohno (1912-1990), logo após a Segunda Guerra Mundial, durante a reestruturação do Japão. Nesse processo, o desenvolvimento da indústria japonesa foi fundamental para que seus produtos fossem competitivos no mercado Ocidental. Uma das inspirações para a elaboração da técnica foi a visita dos executivos da Toyota a, então concorrente, Ford, que permitiu o conhecimento do Sistema Fordismo de Produção. A partir disso, Ohno foi capaz de fazer melhorias no mesmo e adaptá-lo para atender seus interesses. O termo *Lean* foi cunhado originalmente no livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, de Womack *et al.* (1992)¹, segundo Pacheco (2013).

O STP consiste basicamente em uma análise sistemática do fluxo de produção ao longo do tempo, reduzindo perdas que não agregam valor, diminuindo, assim, o tempo desse fluxo e o desperdício (OHNO, 1997; OLIVEIRA, 2016). Essa análise sistemática abrange mudanças nas práticas de gestão operacional e de gestão da qualidade, com o objetivo de gerenciar e melhorar os processos produtivos (PP). As melhorias feitas dentro da Produção Enxuta vão além de mudanças superficiais; envolvem a busca pelas causas dos problemas, não se restringindo a situações particulares, mas ao fluxo de produção como um todo. Segundo, Womack e Jones (2004), a PE busca aperfeiçoamentos profundos no desenvolvimento e na gestão de operação, estendendo a relação da empresa com os seus clientes e com a cadeia de suprimentos. Para Oliveira (2016), compreende-se que a Produção Enxuta é a aplicação do STP em cada setor de uma linha de produção, instituindo, assim, uma mentalidade enxuta.

Para entender a PE, é necessário a compreensão de seus cinco princípios, desenvolvidos por Womack e Jones (2004). Oliveira (2016) os classificou em: identificação de valor para o cliente; identificação do fluxo de valor; estabelecimento do fluxo contínuo de produção; determinação de fluxo puxado de produção e esforço para perfeição, sendo entendido como:

¹ O livro “A Máquina que Mudou o Mundo” abrange um estudo acerca da aplicação da STP feita pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*, EUA) em empresas automobilísticas.

1. Identificação de valor para o cliente – Dentro da PE, o conceito do que é valor é definido na perspectiva do cliente final, apesar de ter sido estabelecido pelo produtor. O cliente entende que é papel do produtor definir o Valor de seu produto. Contudo, a Produção Enxuta deve ter consciência de definir esse Valor com base nas necessidades e especificidades do cliente (WOMACK; JONES, 2004; OZGUNES, 2009; OLIVEIRA, 2016).
2. Identificação do fluxo de valor – A PE deve mapear toda a linha de produção, isto é, analisar e esquematizar todos os processos. A partir disso, considera etapas que agregam valor; etapas que não geram valor, mas são inevitáveis; e etapas que não geram valor e não são inevitáveis. Desse modo, consegue eliminar os desperdícios (WOMACK; JONES, 2004; OZGUNES, 2009; OLIVEIRA, 2016).
3. Estabelecimento do fluxo contínuo de produção – Isto é, busca eliminar qualquer atividade que não acrescente valor ao processo, a fim de deixar os processos mais eficientes e sequenciais, diminuindo o desperdício. Nesse princípio, elimina-se filas de produção, de modo que cada etapa produz o que a próxima necessita (WOMACK; JONES, 2004; OZGUNES, 2009; OLIVEIRA, 2016).
4. Determinação do fluxo puxado de produção – Esse princípio se baseia em produzir apenas o que é necessário e quando necessário. Para isso, a linha de produção precisa ser conduzida a partir da necessidade e especificação do cliente. Ou seja, a produção só existe se houver demanda (WOMACK; JONES, 2004; OZGUNES, 2009; OLIVEIRA, 2016).
5. Esforço para a perfeição – O quinto princípio se fundamenta na constante busca de melhorias e de diminuição de desperdícios. Ele prima a sintonia dos princípios anteriores, de forma a manter a busca para uma produção perfeita (WOMACK; JONES, 2004; OZGUNES, 2009; OLIVEIRA, 2016).

Nesses princípios, salienta-se a importância da eliminação de desperdícios na linha de produção. Ohno (1997) definiu desperdício como “tudo aquilo que não agrega valor ao cliente”, como ressalta Rodrigues (2012). Nesse ínterim, ele estabeleceu uma lista de sete desperdícios, simplificada por Oliveira (2016): Superprodução; Processos inadequados; Estoque desnecessário; Defeitos; Transporte excessivo; Movimentação desnecessária; e Espera. Para atingir os objetivos que a PE preconiza, que seriam o aumento da produtividade e da eficiência, com redução dos custos envolvidos, é preciso que ocorra a eliminação de tais desperdícios e a aplicação de seus princípios, que podem ser feitos através de ferramentas e técnicas que serão citadas.

2.1.1 FERRAMENTAS E PILARES DO LEAN

Algumas ferramentas e técnicas conhecidas ajudam a eliminar desperdícios e, assim, facilitam a aplicação dos princípios da PE. Para a escolha da técnica, é preciso estar ciente das demandas da linha de produção como também as metas pré-estabelecidas. Entre as mais aplicadas no setor eletrônico, podemos citar (RODRIGUES, 2012;).

2.1.1.1 JIDOKA

Em japonês, a palavra “Jidoka” significa automação. Mas, na prática, esse termo significa automação com “características humanas”. Chaves e Masseli (2016) ressaltam que o Jidoka é um dos dois pilares do LM. Esse método consiste basicamente em dotar máquinas, equipamentos e pessoas de autonomia necessária para finalizar a produção em momento normal (quando a quantidade pré-estabelecida é atingida, por exemplo) ou quando a produção é anormal (quando há desvios do controle de qualidade), segundo Pacheco, (2013).

Chaves e Masseli (2016) acrescentam nesse conceito que a aplicação do pilar Jidoka visa à eliminação da utilização da hora homem (HH), deixando apenas a hora máquina (HM), usando a automação industrial para isso.

Dessa forma, pode-se inferir que o objetivo do Jidoka é reduzir o desperdício através da implantação de dispositivos capazes de detectar problemas em máquinas na linha de produção e, então, finalizá-las se necessário. Além disso, o conceito engloba a autonomia a operadores para pararem a produção ao notar alguma anomalia, segundo Rodrigues (2012). Assim, o reparo pode ser realizado e evita-se que todo um produto seja feito abaixo dos padrões de qualidade ou, ainda, garante que não haja excessos na produção.

Dentro desse pilar da filosofia LM, há ferramentas e métodos que visam cumprir os objetivos citados. Aqui, podemos citar a Ferramenta Andon, o método *Poka Yoke* e o kaizen.

2.1.1.a FERRAMENTA ANDON

Essa ferramenta consiste basicamente na utilização de sinais que podem ser visuais, sonoros ou gráficos para informar acerca da situação na linha de produção. Uma das formas é a partir da utilização de alertas diferenciados pela cor, sendo uma cor específica para indicar falta de material,

outra para indicar que a produção está parada por alguma anomalia e outra para indicar que a produção acontece normalmente, por exemplo (RODRIGUES, 2012).

2.1.1.b MÉTODO POKA-YOKE

O termo Poka-Yoke traduzido significa “à prova de erros”. Ele é um método que soma procedimentos e técnicas visando evitar erros ou corrigi-los antes que levem ao aparecimento de defeitos no produto final ou, ainda, impedir que sigam o fluxo de fabrico (OZGUNES, 2009; CHAVES; MASSELI, 2016).

2.1.1.c KAIZEN

O kaizen, também conhecido como “melhora contínua”, é uma metodologia que prima o envolvimento de todas as pessoas da produção, a fim de criar soluções, oportunidades de melhoria, incentivar a criatividade e melhorar a comunicação da equipe.

Uma forma de implantação são as “Semanas Kaizen” nas quais são necessários o comprometimento dos funcionários de todas as áreas envolvidas. Nessas semanas, criam-se agentes de transformação para motivar e assegurar o processo, buscando a melhoria contínua dentro das finalidades da PE: redução dos desperdícios e aumento da produtividade. (MARQUAT NETO, 2017).

Chaves e Masseli (2016) ainda acrescentam como vantagem a padronização e o melhor uso da força de trabalho “Hora Homem”, uma vez que reúne integrantes de áreas diferentes, mas que se complementam com a finalidade de desenvolvimento de um projeto específico e/ou levantamentos de possíveis melhorias.

2.1.1.2 JUST IN TIME

O Just In Time (JIT) é compreendido como o segundo pilar que sustenta a filosofia do LM. A sua definição vai além de uma metodologia ou ferramenta, ela abrange uma gestão que preconiza uma produção que tem como princípio gerar estoque em níveis estritamente necessários ao sistema, de forma a produzir no exato tempo apenas a quantidade necessária de produtos, segundo Pacheco (2013). A lógica para atingir esse fim é produzir só o que é pedido pelo cliente e somente quando ele pretende (RODRIGUES, 2012).

A vantagem da implementação dessa filosofia de manejo está na redução de custos, obtida por meio da redução de estoques, uma vez que diminui o espaço a ser ocupado e elimina a necessidade de

gestão destes; na redução de tempo, tendo em vista que não haverá funcionários em linhas de produção desnecessárias; e no aumento da qualidade, sendo eliminados gastos dispendiosos com produtos defeituosos. Em contrapartida, a possibilidade de problemas no fornecimento é a maior desvantagem. Para contornar esse problema, muitas empresas adotam o estoque de segurança (RODRIGUES, 2012). Duas metodologias são importantes para aplicação dessa filosofia: Kanban e *Single minute exchange of die* (SMED), que serão conceituados a seguir.

2.1.1.2.a KANBAN

Kanban é uma palavra japonesa que em tradução literal significa “cartão” / “etiqueta”. No contexto da PE, *Kanban* é um sistema que tem como base a sinalização de fluxos de produção com cartões que identificam a referência do produto, a sequência das operações, o prazo para a produção e a quantidade a ser produzida (OZGUNES, 2009). Esse sistema foi desenvolvido pela japonesa Toyota e implica em um modelo de produção puxada (do inglês, “*pull*”), isto é, o fluxo de produção segue uma relação cliente/fornecedor (RODRIGUES, 2012). A finalidade é regular a produção de diferentes etapas do trabalho, de acordo com as flutuações de procura, reduzir o estoque em curso, controlar o fluxo ao longo da cadeia de valor e manter um fluxo contínuo de produção (OZGUNES, 2009).

Portanto, o Kanban, de forma geral, é um sistema que permite uma coordenação dos processos de um fluxo de produção. Com esse método, é possível identificar a necessidade de reabastecimento, a superprodução ou, ainda, a escassez de um produto, por exemplo, evitando produções em excesso e aumentando a produtividade.

Segundo Rodrigues (2012), existem algumas condições que as organizações devem cumprir para que o sistema Kanban seja implementado:

- Bom *layout* e organização dos postos de trabalho;
- Pessoas polivalentes e capazes;
- Uma relação de cliente/fornecedor interno bem definida;
- Estabilidade e uniformização dos processos;
- Reduzidos tempos de *Setup*² (Pode ser obtido pela implantação do SMED, como será citado no próximo tópico).

² *Setup* - Tempo de preparação dos equipamentos.

Esse sistema pode ser aplicado de várias formas como marcações pintadas no chão, cartões em um quadro ou, ainda, caixas vazias empilhadas, sendo o cartão o modelo mais usado. Geralmente, estes cartões possuem a quantidade e a referência de peças a serem transportadas ou produzidas. Os cartões são colocados em quadros que são padronizados com cores que estão relacionadas com a prioridade de produção (RODRIGUES, 2012).

Ozgunes (2009) aponta como vantagem desse sistema o baixo custo de implantação, já que não necessita de sistemas informáticos; a maior ligação dos postos de trabalho, no que se refere o fluxo de materiais e de informação; uma maior divisão de responsabilidades aos operadores; o *lead time*³ reduzido e a diminuição dos estoques.

Como desvantagem, ressalta que, para seu adequado funcionamento, é necessário um plano de produção estável e sem grande variabilidade, pois o surgimento de imprevistos pode afetar os fluxos.

2.1.1.2.b SMED

SMED, do inglês *Single Minute Exchange of Die*, são metas que têm como objetivo diminuir o tempo de *Setups*, ou seja, o tempo de troca do equipamento ou de peças que o compõem (OLIVEIRA, 2016). Foram originadas a partir da observação do elevado tempo de não-produção devido à necessidade de mudança de ferramenta nas linhas de produção da Mazdo, em Hiroshima, por Shingo.

A prática do SMED contribui para a rapidez na resposta a variações de demanda, uma vez que otimiza a capacidade e velocidade de produção. Ainda favorece a redução de estoques, segundo Ozgunes (2009).

Shingo ainda classificou *Setup* como:

- *Setup* interno: operações que só podem ser executadas com a máquina parada, como a troca do equipamento ou remoção de ferramentas;
- *Setup* externo: operações que podem ser feitas com a máquina em produção, como transporte de ferramentas e materiais (SHINGO, 1996 apud OLIVEIRA, 2016; RODRIGUES, 2012).

Essa distinção por si já favorece o setup de forma geral, aumentando a produtividade e favorecendo a aplicação do JIT (OLIVEIRA, 2016).

2.1.1.3 FLUXO CONTÍNUO

Rodrigues (2012) ressalta que outra importante metodologia para aplicação do JIT é o fluxo contínuo. A finalidade do fluxo contínuo é diminuir o tempo entre a produção e a entrega do produto

³ *Lead time* - Tempo entre o momento do pedido do cliente até a sua entrega.

ao cliente (*lead time*) e eliminar os estoques. Na prática, ele pode ser entendido como a produção do que é exigido pelo processo seguinte, ou cliente final, sem a criação de estoques (BULHOES, 2011).

Uma forma de aplicação desse conceito é a criação de pequenas “células” de produção, onde são agrupadas operações necessárias para a produção de um produto, sendo que o fluxo de produção segue uma lógica sequencial (OZGUNES, 2009), com pequenos estoques, seguindo a filosofia do *LM*.

A setorização de fábricas em processos (por exemplo, pintura, montagem e inspeção) e a necessidade de produzir estoques por problemas de capacidade, em contrapartida, criam barreiras a esse fluxo, afastando empresas do pensamento *Lean* (RODRIGUES, 2012).

2.1.1.4 TAKT TIME

O termo “takt” tem origem alemã e significa “batuta⁴”. Nesse sentido, dentro da Produção Enxuta, o Takt Time deve ser entendido como o marcador do ritmo de produção necessário para atender a necessidade do cliente.

O takt-time de uma produção pode ser definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para a produção (ALVAREZ, 2001). Godinho Filho (2004) ainda ressalta que a produção deve ser programada usando a demanda como indicador. Matematicamente, tem-se que o takt-time é a razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas (ALVAREZ, 2001). Se há aumento na demanda, entende-se que o takt-time terá que diminuir e vice e versa, conclui Ozgunes (2009):

$$Takt - time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível}}{\text{Procura do cliente (número de unidades produzidas)}} \quad (1)$$

As vantagens dessa prática são a eliminação do desperdício da superprodução; a possibilidade de sincronizar a produção com a procura dos produtos; garante um ritmo de produção mais estável; reduz o trabalho em curso e constitui base para a medição de desempenho (OZGUNES, 2009).

2.1.1.5 MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)

O Mapa do fluxo de valor, do inglês *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta que permite mapear de forma sequencial o fluxo de material, recursos e informações que criam ou não

⁴ Batuta - haste de madeira utilizada por maestros para ditar o ritmo da orquestra.

criam valor. Pode ser entendido, em outras palavras, como uma forma de visualizar o percurso de um produto ou serviço ao longo da cadeia de valor, isto é, desde a obtenção da matéria prima até a entrega ao cliente (OLIVEIRA, 2016; RODRIGUES, 2012). Ele permite a realização prática do segundo princípio para o pensamento da Produção Enxuta em uma empresa, proposta por Womack e Jones (2004), citado neste trabalho.

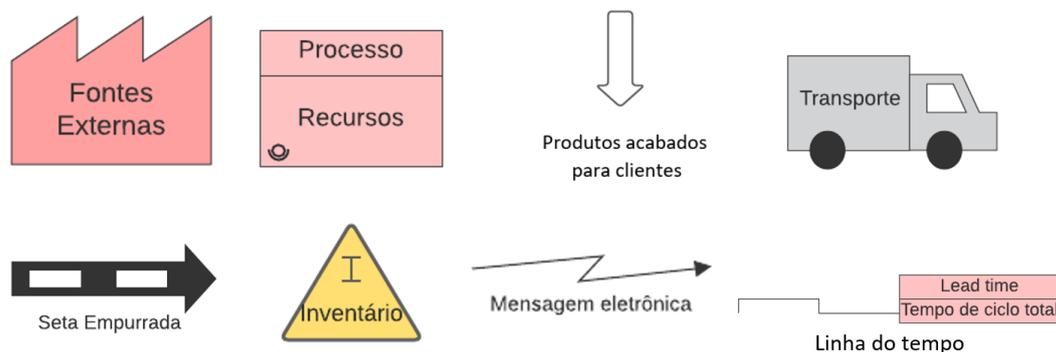
No mapeamento do fluxo de valor de um produto, de um serviço, ou da combinação de ambos, vemos atividades que interferem direta ou indiretamente no custo desse produto. Essas atividades devem ser ordenadas em três grupos diferentes, a fim de identificar o que é necessário para a produção. São elas:

- Atividades que agregam valor: São atividades que aumentam o quanto o cliente aceita pagar por aquele produto ou serviço;
- Atividades que não agregam valor: são as atividades que são realizadas sem necessidade. Para o cliente, é indiferente a realização das mesmas, devendo, portanto, serem totalmente eliminadas na PE;
- Atividades que não agregam valor, mas são necessárias para o fluxo de produção: atividades como controle de qualidade, manutenção, entre outras. (KOSKELA, 1997 apud AZEVEDO, 2017; OZGUNES, 2009; OLIVEIRA, 2016).

Rodrigues (2012) acrescenta que o processo de mapeamento pode ser dividido em duas fases. A primeira inclui o mapeamento físico do “estado atual” da linha de produção. A segunda fase é centrada no que se pretende para aquela linha de produção. Juntas, essas fases garantem o controle da linha de produção e o planejamento da mesma, diminuindo o desperdício e promovendo uma melhora contínua na produtividade. Destarte, conclui-se que o mapeamento do fluxo valor é fundamental na mentalidade da Produção Enxuta, uma vez que permite a identificação e quantificação de desperdícios na produção.

A representação gráfica do MFV adota algumas simbologias mais comuns, conforme observado na figura 1.

Figura 1 – Ícones de fluxo MFV



Fonte: Produção do próprio autor.

2.1.1.6 METODOLOGIA 5S

A metodologia 5S é citada como a mais simples de ser aplicada dentre as ferramentas que são utilizadas para aplicação da mentalidade PE. Contudo, sua importância não deve ser estimada. O nome “5S” tem origem em cinco palavras em japonês (*Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke*) que, traduzidas para o português, ficaram conhecidas como os 5 sentidos: Senso de utilização, Senso de ordenação, Senso de limpeza, Senso de Saúde e Senso de autodisciplina (MARQUART NETO, 2017).

O objetivo desse método é que haja organização, padronização, limpeza e normalização do posto de trabalho, de forma que o funcionário mantenha somente equipamentos necessários para garantir maior fluidez nos processos, segundo Rodrigues (2012). (LIKER (2005) apud OLIVEIRA 2016) corrobora com a importância dessa metodologia, visto que maior controle visual das operações.

2.1.2 APLICAÇÃO DA PE EM TELECOMUNICAÇÕES

Como já discutido ao longo dessa revisão, a aplicação da PE em empresas requer pesquisas e empenho, visto ser mais do que uma metodologia, mas sim, uma filosofia que precisa ser aceita continuamente ao longo do processo. O aumento da concorrência entre as empresas do ramo de telecomunicações em meados de 2000 devido a abertura do mercado e entrada de empresas estrangeiras no Brasil fez com que novos princípios fossem necessários, como forma de diferenciação no mercado. Nesse sentido, o investimento em ferramentas e metodologias da PE aumentou em diversas empresas deste ramo. No entanto, cabe ressaltar que a aplicação dessas ferramentas e metodologias da PE não seguiram de forma uniforme e padronizada, sendo que podem ser encontradas em algumas áreas de forma mais avançada do que outras.

A empresa VICOM é uma unidade do Grupo NET Serviços de Comunicação S/A e é um exemplo no que tange medidas para a reinvenção no mercado. A empresa atua em redes corporativas de comunicação de dados, serviços de projeto e implantação de comunicação de dados e serviços de assistência técnica. A maioria de seus novos produtos tem origem direta na demanda de clientes que, uma vez identificadas como rentáveis dentro da operação da VICOM, se tornam produtos regulares da empresa. Com isso, a política de fornecimento da empresa em termos de insumos pode ser dividida em: Insumos já homologados (os quais a decisão é por preço e o processo é conduzido por suprimentos) e Insumos novos (que requerem um time de profissionais na definição dos insumos, sendo necessário, em alguns casos, cotação junto aos fornecedores) (KEPPKE, 2004). Ainda nesse cenário, a VICOM busca fornecedores já conhecidos e com um bom histórico de trabalho, valorizando a experiência, redução de riscos, ganho de tempo de aprendizado, além do preço. Essa prática corrobora com a percepção de Rodrigues (2012) para o exercício do *Kanban*.

A PE ainda presa por um bom relacionamento com o cliente final. Nesse ínterim, o atendimento com qualidade e flexibilidade às especificações dos clientes, além da pró-atividade são importantes para a fidelização, principalmente em uma empresa de serviços. A COMSAT Brasil, empresa que oferece produtos e serviços de rede e infraestrutura para o mercado corporativo utilizando tecnologias via wireless, via satélite e fibra óptica, entre outras, preza por esse atendimento flexibilizado em suas transações, sempre seguindo a demanda do cliente. Além disso, investiu em consultorias a fim de otimizar e padronizar a sua produção, a fim de aumentar a sua produtividade em meados de 2004, buscando a melhora contínua (KEPPKE, 2004).

Seguindo o quinto princípio⁵ proposto para a PE por Womack e Jones (2004), A INTELIG, empresa que atua como prestadora de serviços de telecomunicações, preza muito pela qualidade de seus serviços. Ela possui um indicador de qualidade próprio, além dos determinados pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Keppke (2004) ainda relata que a empresa é bem estruturada no que tange seus processos e detém a maioria de suas atividades documentadas em forma padrão, garantindo maior produtividade. Outro ponto forte da empresa é a flexibilidade na montagem de soluções, que variam de acordo com a demanda do cliente.

Cabe ressaltar que tanto a COMSAT, quanto a INTELIG possuem um processo semelhante à VICOM no que se refere à classificação e definição de seus (insumos homologados e insumos novos) (KEPPKE, 2004).

Dessa forma, pode se constatar que a necessidade de se manter competitiva no mercado introduziu nessas empresas preocupações semelhantes às empresas de manufatura. Ressalta-se que a

⁵ Esforço para a perfeição

aplicação dos conceitos de pensamento enxuto é diferente entre uma empresa de manufatura e de serviços, contudo, os objetivos são similares. Conclui-se que é possível aplicar em ambas várias ferramentas e metodologias da filosofia do LM.

2.2 MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DE PP

Antes de aprofundar acerca desse tópico, cabe ressaltar a sua definição. Na literatura pode-se encontrar alguns conceitos de Desempenho, dentre eles, destaque-se aqui o que foi definido pela Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade - FPNQ (1995, p. 54 apud SANTANA, 2004): é o resultado obtido de processos e de produtos que permitem avaliá-los e compará-los em relação às metas e aos padrões pertinentes e a outros processos e produtos. Medição, por sua vez, pode ser entendido como tudo que pode ser mensurado e exposto quantitativamente, de acordo com Santana (2004). Nesse sentido, pode-se entender a medição de desempenho como conjunto de medidas utilizadas para quantificar e mensurar a eficiência de uma atividade de acordo com metas pré-estabelecidas ou, ainda, comparação a outros processos e produtos.

Por meio desses dados, empresas podem entender melhor seus PP como um todo e, a partir disso, investir em melhorias, se necessário. Além disso, a medição de desempenho auxilia gestores no acompanhamento da implementação de novas estratégias e na adaptação e aprendizado acerca de qual sua real posição no mercado, como pontua Bond (2001).

Desse modo, pode-se concluir que a Medição de desempenho possui um papel crítico na gestão uma vez que possibilita a avaliação da qualidade de decisões tomadas e o acompanhamento dos PP, no que tange sua eficiência. Essa importância é ainda mais evidente quando se considera o elevado nível de concorrência entre as empresas, pois compreende-se que empresas que possuem uma linha de produção mais eficiente, tornam-se mais competitivas no mercado.

Existem ferramentas que podem ser usadas para atingir esse fim. A escolha da melhor técnica depende de cada empresa e de cada variável considerada. Neste trabalho, serão citadas a seguir, ferramentas mais utilizadas no setor eletrônico:

2.2.1 QUANTUM

O conceito de “QUANTUM” foi introduzido por Steven M. Horne (1993), no livro *Sinais Vitais* e ele pode ser entendido como uma medida de desempenho que otimiza o valor e a organização de seus componentes, sendo eles: clientes, empregados, acionistas e fornecedores (BOND, 2001).

Na prática, ele é composto por uma matriz de desempenho chamada QUANTUM que possui a finalidade de relacionar e equilibrar três critérios competitivos: qualidade, tempo e custo dentro de um contexto de entendimento e desenvolvimento de medidas de desempenho por parte da administração.

Hornec (1993) ainda propôs três níveis complementares à matriz QUANTUM de medidas de desempenho, chamadas de “mobilização” das medidas de desempenho, segundo Bond (2001):

- Humano: As pessoas que executam as atividades, baseadas em um conjunto de medidas de desempenho;
- Processos: Série de atividades que consomem recursos e fornecem saídas aos clientes externos ou internos;
- Organização: Compreensão dos níveis de desempenho de pessoas e dos processos, ou seja, é uma organização entre os processos anteriores.

Com os dados, a matriz QUANTUM de desempenho mostra as medidas de desempenho relacionando a hierarquia dos processos e pessoas e cruzando os dados entre os níveis de mobilização (pessoas, processos e organização) e com os critérios de desempenho (custo, tempo e qualidade), conforme ilustrado na tabela 1.

Tabela 1 – Desempenho Quantum

Níveis / Medidas	Custo	Qualidade	Tempo
Organização	Financeiro Operacional Estratégico	Empatia Produtividade Confiabilidade Credibilidade Competência	Velocidade Flexibilidade Responsabilidade Maleabilidade
Processos	Remuneração Desenvolvimento Motivação	Conformidade Produtividade	Velocidade Flexibilidade Responsabilidade Maleabilidade
Pessoas	Remuneração Desenvolvimento Motivação	Confiabilidade Credibilidade Competência	Responsabilidade Maleabilidade

Fonte: Adaptado de Santana (2004)

A matriz QUANTUM ilustra o uso das medidas de desempenho em toda a empresa e em vários níveis (hierárquico, pessoal e processual). Além disso, permite identificar onde as pessoas se enquadram dentro do processo de desenvolvimento, implementação e utilização das medidas de desempenho (BOND,2001).

Para a determinação das medidas de desempenho dentro das áreas ocupadas na matriz, é necessário o processo chamado “Modelo QUANTUM de Medição de Desempenho” que fornece a estrutura básica para a medição de desempenho. Ele é composto por quatro elementos, sendo eles: 1) Geradores (liderança da empresa, os envolvidos e as melhoras práticas); 2) Facilitadores (apoiam à implementação das medidas por meio de comunicação, recompensa e treinamento); 3) Processo (consiste na identificação de processos para empregar, de maneira correta, as medidas de desempenho) e 4) Melhoria Contínua (estabelecimento de novas metas e ajustes de estratégias).

Dessa forma, pode-se inferir que este modelo apresenta uma visão abrangente do negócio, podendo ser usado em cada nível e em cada parte da organização, tendo em vista que cada área precisa de suas próprias metas e estratégias.

2.2.2 BALANCED SCORECARD

O modelo *Balanced Scorecard* (BSC) foi proposto por Kaplan e Norton em 1992 como resultado de um estudo⁶ que avaliou diversas empresas norte-americanas. O objetivo do BSC consiste em traduzir a visão da organização em possíveis ações concretas, por meio do estabelecimento de metas e indicadores de desempenho (SANTANA, 2004).

O BSC é composto por uma estrutura complexa que envolve um conjunto equilibrado de medidas financeiras e não financeiras, vinculadas a quatro perspectivas (BOND, 2001):

- **Perspectiva Financeira:** Identifica se a estratégia, implementação e execução estão contribuindo para o resultado financeiro;
- **Perspectiva do Cliente:** Identifica o mercado e os segmentos de clientes nos quais a empresa está inserida e as medidas de desempenho da empresa neste segmento. Ela permite uma organização por parte da empresa no que tange definir estratégias de mercado e de clientes;
- **Perspectiva dos Processos Internos:** Essa perspectiva busca identificar processos internos que possuem maior impacto na satisfação do cliente;
- **Perspectiva dos Processos de Aprendizado e Conhecimento:** Define a infraestrutura que a empresa deve construir para gerar crescimento e melhoria a longo prazo, apontando fatores

⁶*The Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance*, **Havard Business Review**

mais críticos para sucessos atuais e futuros, considerando pessoas, sistemas e procedimentos organizacionais.

A partir dessas perspectivas, a alta gerência define um conjunto de fatores críticos de sucesso para cada uma delas. Com esses fatores compreendidos, fixam-se metas específicas e são desenvolvidos indicadores para medir o sucesso de cumprimento de cada meta (SOBREIRA NETTO, 2007).

Lenz (2007) acrescenta que, a principal característica do BSC está em propiciar um caminho para implementação e mensuração das estratégias empresariais. Nesse sentido, a partir de sua concepção, é possível implementar perspectivas que são relacionadas em causa-e-efeito (KAPLAN; NORTON, 1997 apud. LENZ, 2007). Com isso, pode-se concluir que o BSC ajuda a organização a obter um *feedback* sobre sua estratégia, a curto ou longo prazo, e, dessa forma, estabelecer metas e traçar estratégias.

2.2.3 MODELO DE PRISMA DE PERFORMANCE

O Modelo Prisma de Performance, do inglês *Performance Prism* (PP), é uma estrutura multidimensional que correlaciona as variáveis de uma organização e as concatenam em um prisma. O foco central é a satisfação e atendimento das necessidades dos diferentes *stakeholders*⁷ da organização (LENZ, 2007).

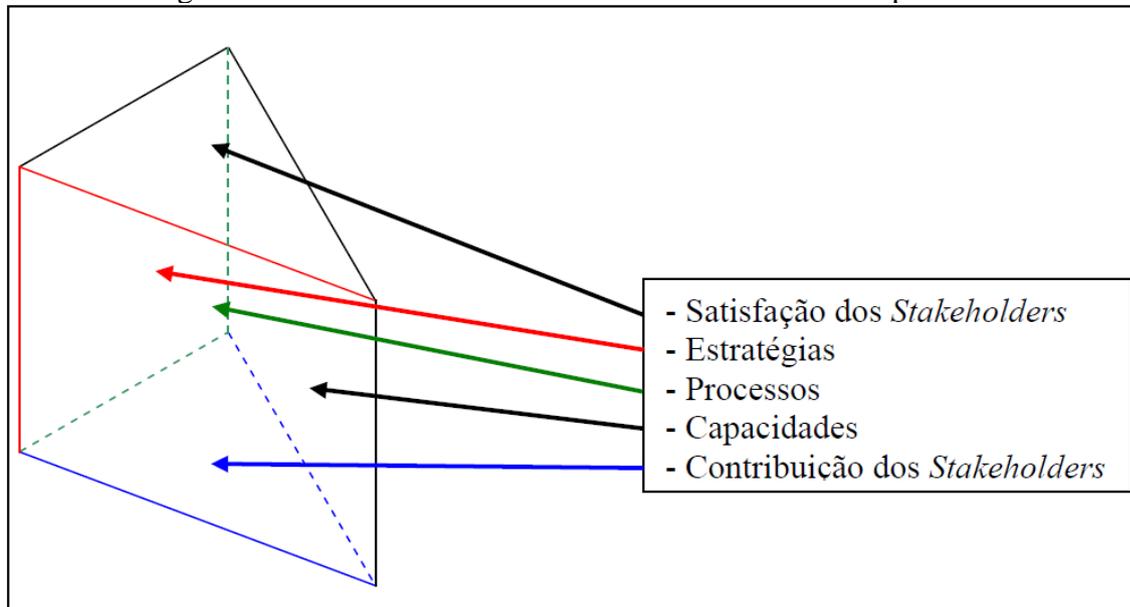
Tezza *et al.* (2010) pontua as cinco perspectivas que compõem o prisma, ilustrado na Figura 1:

1. Satisfação dos *Stakeholders*: Como citado acima, o PP preza pela satisfação das partes interessadas. Nesse sentido, é importante verificar suas necessidades (LENZ, 2007);
2. Estratégias: Estabelecer estratégias para atender as demandas levantadas por esses grupos que compõem os stakeholders, a fim de garantir maior controle da produção;
3. Processos: Após estipular as estratégias, é importante definir os objetivos de cada processo organizacional que constitui a empresa;
4. Capacidade/Recurso: Consiste na combinação de pessoas, práticas, ferramentas, tecnologia e infraestrutura com o objetivo de cumprir os processos previamente citados;

⁷ *Stakeholders*: Clientes, empregados, fornecedores, parceiros de alianças, governo, comunidade (LENZ, 2007)

5. A contribuição dos *Stakeholder*: Entende-se como o feedback proporcionado pelos *stakeholder* como retorno à sua entrega de satisfação e suporte (LENZ, 2007).

Figura 2 - As Cinco Facetas do Modelo Prisma de Desempenho



Fonte: LENZ, 2007 apud. NEELY; ADAMS, (2001, p.12)

Apesar de diferentes, Lenz (2007) ressalta que todas as cinco estão interligadas com o objetivo de garantir satisfação aos *stakeholders*. Esse princípio é diferente do que é visto no BSC, no qual o critério de sucesso não é a satisfação, mas um conjunto de medidas financeiras e não financeiras.

Desse modo, é possível inferir que o modelo PP auxilia a empresa a entender suas necessidades no que diz respeito a medidas de desempenho a serem implementadas. E, dessa forma, delinear um projeto de ação com a finalidade de garantir a satisfação da empresa e, com isso, o seu sucesso.

2.2.4 SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO GLOBAL

O Sistema de Medição de Desempenho Global (SMDG) é um sistema de medição de desempenho organizacional. Esse tipo de sistema tem como premissa gerar informações acerca de múltiplas dimensões de desempenho e, com isso, avaliar o desempenho de equipes, atividades, processos e o próprio Sistema Organizacional, para tomar decisões e executar ações para a melhoria do desempenho.

O SMDG foi criado a partir da FPNQ, em 2002, com intuito de refletir a experiência, o conhecimento e o trabalho de pesquisa de organizações no Brasil e, com isso, disseminar os fundamentos de excelência em gestão para o aumento de competitividade. Nesse sentido, o SMDG tem

por finalidade fornecer uma visão ampla de otimização de seus processos. Pode-se dizer que é mais uma ferramenta de diagnóstico do que um sistema de medição, segundo Sobreira Netto (2007).

Esse sistema possui como vantagem o uso de mecanismos de análise crítica de desempenho global, estímulo ao aprendizado, a identificação de relações de causa e efeito, a busca pelo alinhamento da estratégia com a estrutura organizacional e o uso de múltiplas dimensões de desempenho. Em contrapartida, tem-se como desvantagem a falta de clareza de como as informações relevantes foram colocadas à disposição no momento necessário e a falta de mecanismo de adaptação a mudanças no ambiente externo e interno (SOBREIRA, NETTO 2007).

Com essas informações, entende-se que o SMDG é um sistema abrangente acerca das medidas de desempenho, uma vez que fornece uma visão ampla de seus processos. Assim, pode ser uma boa ferramenta organizacional.

2.2.5 MEDIÇÃO DE DESEMPENHO EM PP DE TELECOMUNICAÇÕES

Como já mencionado nessa revisão, a abertura do mercado para empresas estrangeiras no início dos anos 2000 fez com que a busca por melhorias se tornasse uma constante nas empresas de telecomunicações, visando manterem-se competitivas no mercado. Nesse período, profissionais especializados na área ainda eram escassos, sendo necessários profissionais de outras áreas para suprir a demanda. Nesse contexto, entende-se que profissionais capacitados tornaram-se um sinal de destaque no mercado (BAVARESCO, 2015).

Na tentativa de equiparar ou, ainda, sobressair, organizações exigiam, como condição essencial, uma alta produtividade de seus colaboradores, sendo necessários indicadores de medição de desempenho (BAVARESCO, 2015)

A mensuração do desempenho, nesse sentido, propicia o reconhecimento para aqueles que se destacaram em suas funções e metas, proporcionando ganhos profissionais e bonificações pessoais. Dessa forma, é importante ressaltar a melhora da competitividade da empresa no mercado, uma vez que a possibilidade de mensuração de desempenho incentiva a produtividade de seus colaboradores.

2.3 INDICADORES E MÉTRICAS DE DESEMPENHO EM PP

Segundo Michael McCormick (2013), uma métrica, por definição, é qualquer tipo de medição usada para avaliar alguns componentes de desempenho. Quando usado em um sistema de monitoramento para avaliar projetos ou saúde do programa, uma métrica é chamada de indicador de desempenho. Portanto, podemos definir indicador de desempenho como um conjunto de métricas que

fornece informações sobre o desempenho de processos e produtos, auxiliando a gestão a atingir objetivos das organizações (LIMA, 2005 apud COSTA, 2015). A Fundação Nacional da Qualidade (2006, apud COSTA, 2015) acrescenta que os indicadores de desempenho são os recursos ou insumos, os processos e os produtos, a performance dos fornecedores e a satisfação de todos.

Com os indicadores de desempenho é possível mensurar a satisfação da mão de obra, além de conduzir empresas para uma melhor adaptação ao ambiente externo. Assim, entende-se que como cada empresa possui suas particularidades, elas são aptas a criarem seus próprios indicadores e métricas, ajustando suas prioridades de mensuração e controle de desempenho. Primeiro, estabelece-se as métricas do processo, definindo seus objetivos. Depois disso, os indicadores são utilizados como forma de evidenciar os resultados de forma ampla, mostrando os pontos benéficos e não benéficos para a produção.

Nesse contexto, é imprescindível salientar que os indicadores precisam ser selecionados com cautela, a fim de se conseguir avaliar o desempenho de um processo e estabelecer estratégias a partir disso (CARDOSO, 2005 apud NASCIMENTO, 2010).

Dessa forma, é possível inferir que a verificação do desempenho organizacional através de indicadores é fundamental para o desenvolvimento de qualquer organização, tendo em vista que o acompanhamento das atividades contribui para melhorar a sua performance, uma vez que possibilita traçar estratégias personalizadas. Além disso, os indicadores podem ser usados para avaliar o resultado obtido pelo processo ou pelo produto.

(Cardoso 2005 apud NASCIMENTO, 2010) corrobora com essa linha de raciocínio ao ressaltar que a avaliação dos indicadores “passa a ser um meio para se tomar decisões adequadas, constituindo-se num processo complexo que agrega as características informativas e essenciais, para se integrar ao processo de gestão, no ciclo planejamento-execução-controle”.

Na literatura, existe mais de uma classificação para os indicadores de desempenho. Andreeva (2008) divide os indicadores como: Integrais/Complexos (que permitem a avaliação do estado geral do sistema de produção da empresa) e os Específicos (usados para avaliação do impacto de iniciativas de melhoria sobre processos de produção). Takashina e Flores (1997, apud PASSONI, 2006) classificam em 2 grandes grupos: Indicadores de Qualidade (relacionados às características de qualidade do produto ou serviço) e Indicadores de Desempenho (relacionados às características intrínsecas do produto e de todo o processo).

Costa (2010 apud MARTINI, 2015) ainda faz uma diferenciação entre indicadores de qualidade, que é referente à medição da eficácia da empresa em atender necessidades dos clientes, e de produtividade, que representa a eficiência do processo na obtenção dos resultados esperados.

A partir dessas definições, é possível inferir que a medida de indicadores de desempenho é essencial para novas abordagens de gestão. Desse modo, conclui-se que falar de desempenho ou de performance, refere-se a uma medição e utilização de indicadores. Sendo importantes, também, para a monitoração dos resultados atingidos em um determinado processo.

Parmenter (2010, apud COSTA, 2015) destrincha ainda mais o conceito de indicadores de desempenho. Para ele, há quatro tipos:

- I. Indicador chave de resultado (*key result indicator* - KRI), diz como fazer para uma perspectiva de sucesso.
- II. Indicador de resultado (*result indicator* - RI), diz o que tem sido feito.
- III. Indicador de performance (*performance indicator* - PI), diz o que fazer.
- IV. Indicador chave de performance (*key performance indicator* - KPI), diz o que fazer para aumentar o desempenho significativamente.

O KPI é definido como um conjunto de medidas que incidem sobre os aspectos do desempenho organizacional, que são os mais críticos para o sucesso atual e futuro de uma empresa, segundo Parmenter, (2010 apud. COSTA, 2015). Nesse contexto, este trabalho abordará indicadores concentrados no KPI.

Parmenter ainda citou 7 características para o KPI, a seguir:

- Deve ser uma medida não financeira
- Deve ser medido com frequência
- É uma medida aproveitada pelo corpo gerencial
- É claro sobre as ações necessárias a consertar
- Indica a responsabilidade da equipe que pode tomar as medidas necessárias
- Tem um impacto significativo
- Encoraja ação apropriada quando medida corretamente.

Costa (2015) acrescenta que a decisão do que se medir deve ser guiada a partir dos objetivos da empresa. Como há muitos KPI disponíveis deve-se escolher corretamente quais serão os fatores

críticos de sucesso e, após escolhido, não se deve mudá-los com frequência, segundo Cavagnoli (2009 apud COSTA, 2015).

Como mencionado, é preciso decidir pelos indicadores com base nos objetivos almejados pela empresa ou, ainda, pelo setor. Serão citados a seguir os indicadores mais utilizados no setor de eletrônica.

2.3.1. DOCK-TO-DOCK TIME

Dock-to-Dock Time (DTD) é um indicador usado para mensurar o tempo usado na transformação de matérias primas ou subcomponentes em produtos acabados. A melhora do DTD pode ser interpretada como melhora na capacidade da empresa em fazer entregas no prazo, além de permitir inferir um menor custo com estocagem e menor manuseio do material, podendo diminuir o custo total do produto. O DTD pode ser aplicado para a avaliação de toda a empresa ou em linhas de produção individuais (ANDREEVA, 2009).

Andreeva (2009) apresenta ainda o cálculo utilizado para a definição desse processo. Ele é feito a partir da soma dos volumes de matérias-primas armazenadas em dias (T_{mi}), volumes das unidades armazenadas acabadas em dias (T_{fi}) e pelo tempo de transformação da matéria prima em produto final (T_{mct}), sendo, portanto, a equação (2):

$$DTD = T_{mi} + T_{mct} + T_{fi} \quad (2)$$

A interpretação dos valores de DTD depende do tipo de produção e da utilização dos processos de produção. No entanto, na perspectiva da produção enxuta, o objetivo é reduzir significativamente o seu valor.

2.3.2 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)

O indicador OEE pode ser traduzido para o português como Eficiência Global do Equipamento. Ele é amplamente usado pelos fabricantes para determinar a produtividade ao nível de equipamento. Basicamente, ele utiliza três índices: disponibilidade, eficiência e qualidade do produto a fim de quantificar diferentes tipos de perdas de produtividade. Com ele, é possível determinar onde há falhas no processo e corrigi-las (ANDREEVA, 2009).

Ele pode ser calculado a partir da equação (3):

$$OEE (\%) = \left(\frac{T_{pt}}{T_{st}} \right) \cdot \frac{(T_c \cdot N_{fu})}{T_{pt}} \cdot \frac{(N_{fu} - N_d)}{N_{fu}} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

T_{pt} – Tempo de processamento do equipamento real por turno

T_{st} – Tempo disponível de processamento programado

T_c – Tempo do ciclo do equipamento por unidade

N_{fu} – Número de unidades finalizadas

N_d – Número de unidades defeituosas ou rejeitadas

Geralmente, o período de monitoramento é de um turno de trabalho. O valor-alvo de OEE é de 100%.

3 METODOLOGIA

Para a coleta de todas as informações referentes aos processos produtivos da empresa e suas propriedades, foi realizada uma visita in loco nas instalações industriais, visitando todos os setores da empresa e acompanhando a linha produtiva. Nesta visita, foram detalhadas as funções de cada estação de trabalho, suas características, nomenclatura, propriedades, tempo de ciclo entre outras informações, também nessa visita, foram observados os estoques de painéis solares e equipamentos para fabricação dos painéis elétricos, para por fim, a montagem de painéis fotovoltaicos.

Com o intuito de atingir o objetivo proposto por esse trabalho, foram necessários a adoção de metodologias de análises, *software* de simulação e aplicação dos conceitos teóricos.

Os dados referente as estações foram coletados durante a visita, acompanhando o trabalho de cada processo, anotando os tempos de ciclo de cada máquina, necessidade de acompanhamento ou retrabalho e a capacidade de cada processo.

3.1 PREPARAÇÃO TÉCNICAS

A fim de estruturar a fase operacional e de análise do trabalho, e também evitar retrabalhos durante o mesmo, foram necessárias medidas em duas frentes.

- I. Criação de uma base sólida nos conceitos da PE, aprofundando-se nas suas principais técnicas e métodos para aplicar cenários propostos.
- II. Treinamento na plataforma de simulação, a fim de elaborar simulações fidedignas com o processo mapeado in loco e os cenários propostos em seguida.

3.2 FASE OPERACIONAL

A fase operacional consistiu de duas etapas, a etapa da visita *in loco*, onde foram observadas as características da linha de produção, realizados os registros e conhecimento do espaço físico. Em seguida, foi iniciada a segunda etapa, a qual se caracteriza pela simulação do cenário atual da empresa no *software*.

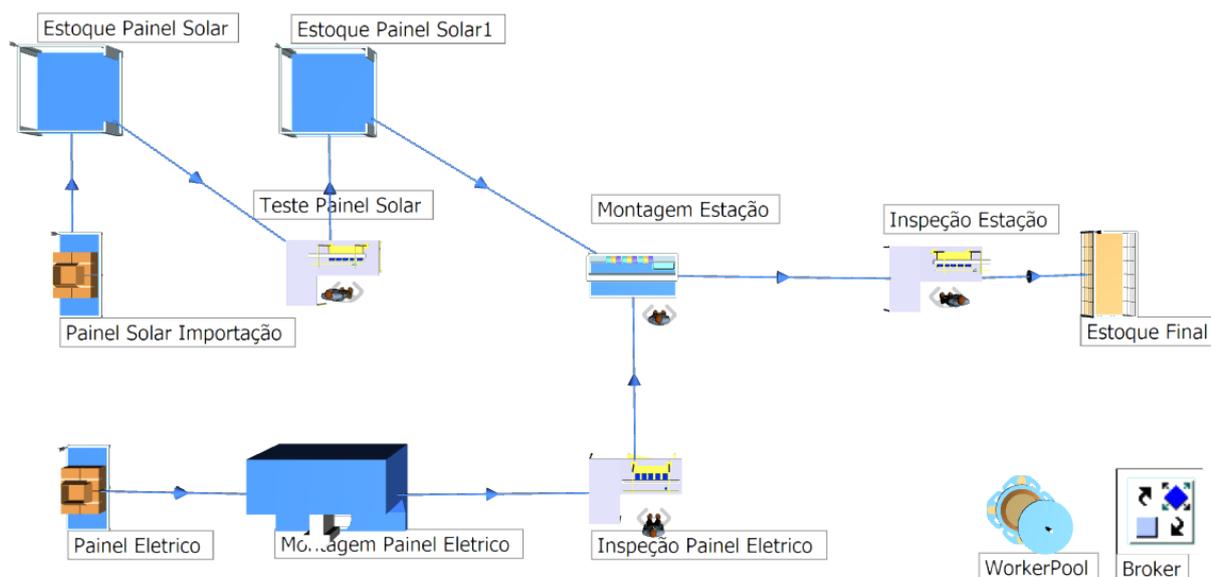
3.3 FASE DE ANÁLISE

A fase de análise foi o último passo realizado, onde os resultados gerados pelas simulações foram analisados a fim de realizar otimizações e melhorias no cenários previamente inseridos no *software*, todas as melhorias baseadas nas técnicas da PE. Após as otimizações efetuadas, foi definido um *layout* produtivo mais eficiente e com maior desempenho operacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CENÁRIO ATUAL

Figura 3 - Esquemático 3D da linha de produção atual.



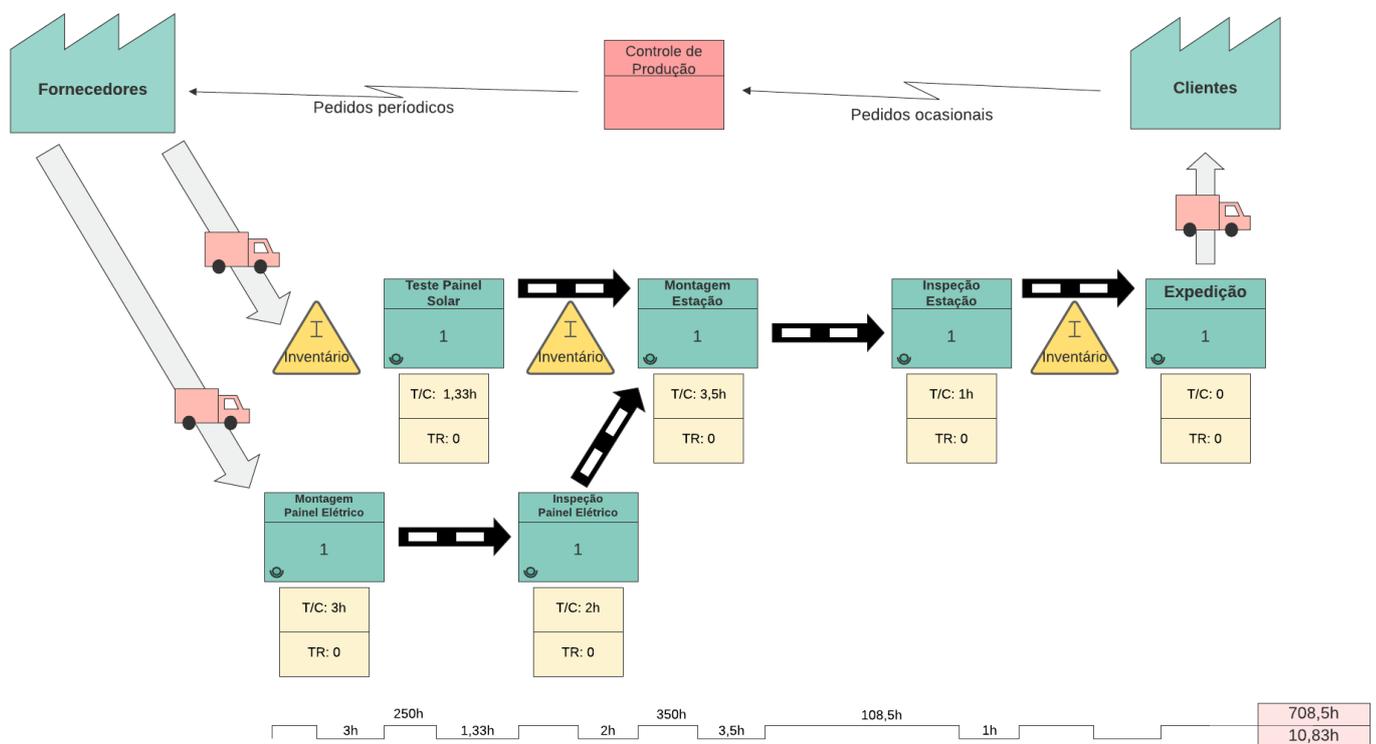
Fonte: Produção do próprio autor.

A linha de produção da empresa possui duas entradas, uma para os painéis elétricos e outra para os painéis solares, cada uma seguindo seu fluxo, sendo integradas na etapa de Montagem Estação, onde são montadas e seguindo para a bancada de inspeção, para testes e validar o conjunto montado. No cenário atual, existem problemas presentes olhando sob a ótica PE, com estoques presentes e uma linha de produção que não segue um fluxo contínuo, prejudicando a fluidez da produção como um todo. O tempo total de produção é chamado de *Lead Time*, que consiste na soma de todos os tempos de ciclo associados a cada processo, representado pela equação 3. Em todos os cenários são produzidos 100 painéis fotovoltaicos, para fidelidade de comparação entre si.

$$\text{Lead Time} = \sum \text{Tempo de ciclo} \quad (3)$$

$$\text{Lead Time} = 29 \text{ dias } 12 \text{ horas e } 30 \text{ minutos}$$

Figura 4 – Mapa de Fluxo de Valor do cenário atual.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 2 - Dados operacionais das estações de trabalho, cenário atual

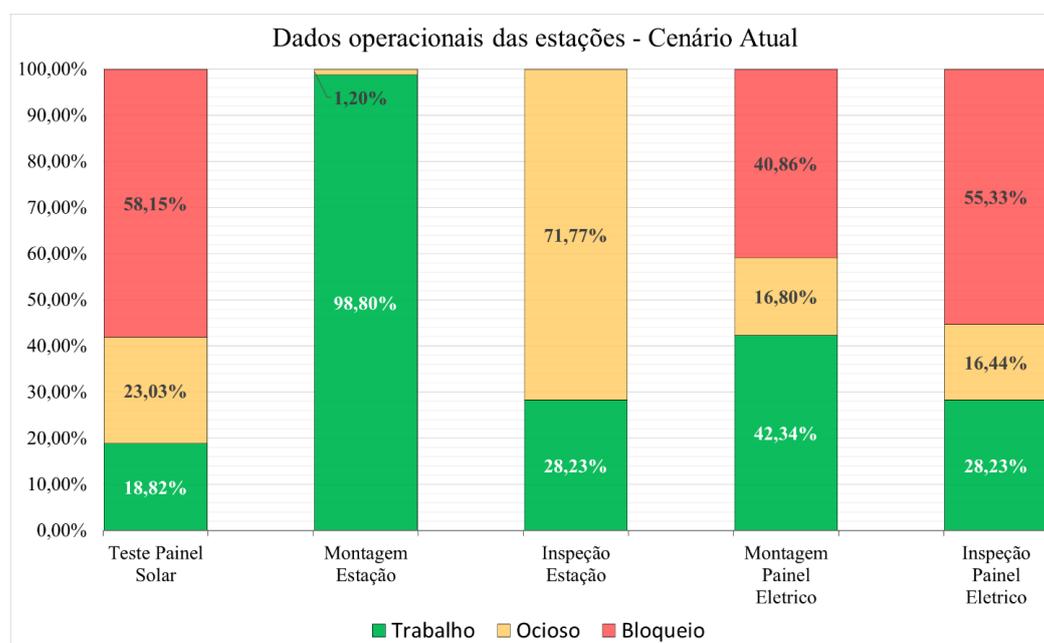
Estações	Trabalho	Ocioso	Bloqueio
Teste Painel Solar	18,82%	23,03%	58,15%
Montagem Estação	98,80%	1,20%	0,00%
Inspeção Estação	28,23%	71,77%	0,00%
Montagem Painel Elétrico	42,34%	16,80%	40,86%
Inspeção Painel Elétrico	28,23%	16,44%	55,33%

Fonte: Produção do próprio autor.

Como pode ser observado na Tabela 2, o Teste Painel Solar passa mais da metade do tempo de operação bloqueado, indicando um gargalo no processo seguinte, além disso, a menor porcentagem associada a esse processo é de trabalho, atividade responsável por agregar valor ao produto, sendo o objetivo principal de cada bancada. O destaque negativo da linha é o processo de Inspeção Estação, cujo possui o maior tempo ocioso na linha, ou seja, o processo que passa mais tempo sem agregar valor ao produto final, atraindo as atenções para reduzir esse problema inerente ao *layout* atual.

Como mencionado, a linha possui estoques presentes, causando desperdícios associados à eles, além de movimentos desnecessários e perdas por transporte do material.

Figura 5 - Dados operacionais das estações de trabalho em função do tempo total disponível, cenário atual

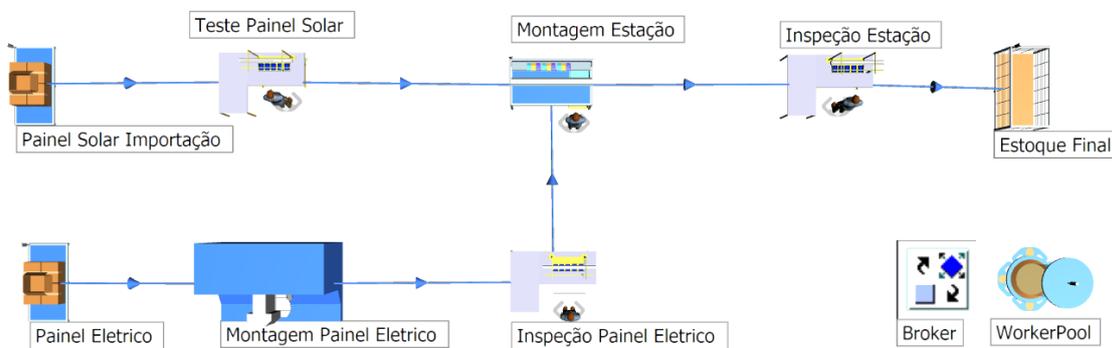


Fonte: Produção do próprio autor.

Na Figura 5, são apresentados os dados gráficos de operação de cada estação, destacando a bancada de Montagem Estação, onde a atividade predominante é de trabalho, com baixo tempo ocioso e sem bloqueio. A bancada de Inspeção Estação possui o maior tempo de bloqueio no gráfico, indicando um gargalo na produção, sendo assim um dos focos na análise de melhoria a ser implementada, além dos processos cujo tempo ocioso é elevado, não agregando valor ao produto e havendo desperdício de tempo e outros indiretamente associados.

4.2 CENÁRIO 1

Figura 6 - Esquemático 3D da linha de produção sugerida como cenário um.



Fonte: Produção do próprio autor.

Na Figura 6, é apresentado o esquemático da primeira otimização realizada, enxugando os desperdícios associados às perdas por movimentos desnecessários, perdas por transporte e deslocamento, rearranjando toda a linha produtiva, de forma que a produção seja contínua e de forma puxada. Além disso, foram eliminados os estoques, baseados na técnica JIT, produzindo necessidade específica da demanda.

Conforme foi realizada a reorganização da linha, as estações ficaram mais próximas umas das outras, evitando movimentações desnecessárias tanto dos funcionários quanto dos equipamentos, para o transporte do material.

Desta maneira, o *Lead Time* foi reduzido, conforme a seguir.

$$\text{Lead Time} = 29 \text{ dias } 6 \text{ horas e } 20 \text{ minutos}$$

Tabela 3 - Dados operacionais das estações de trabalho, cenário um

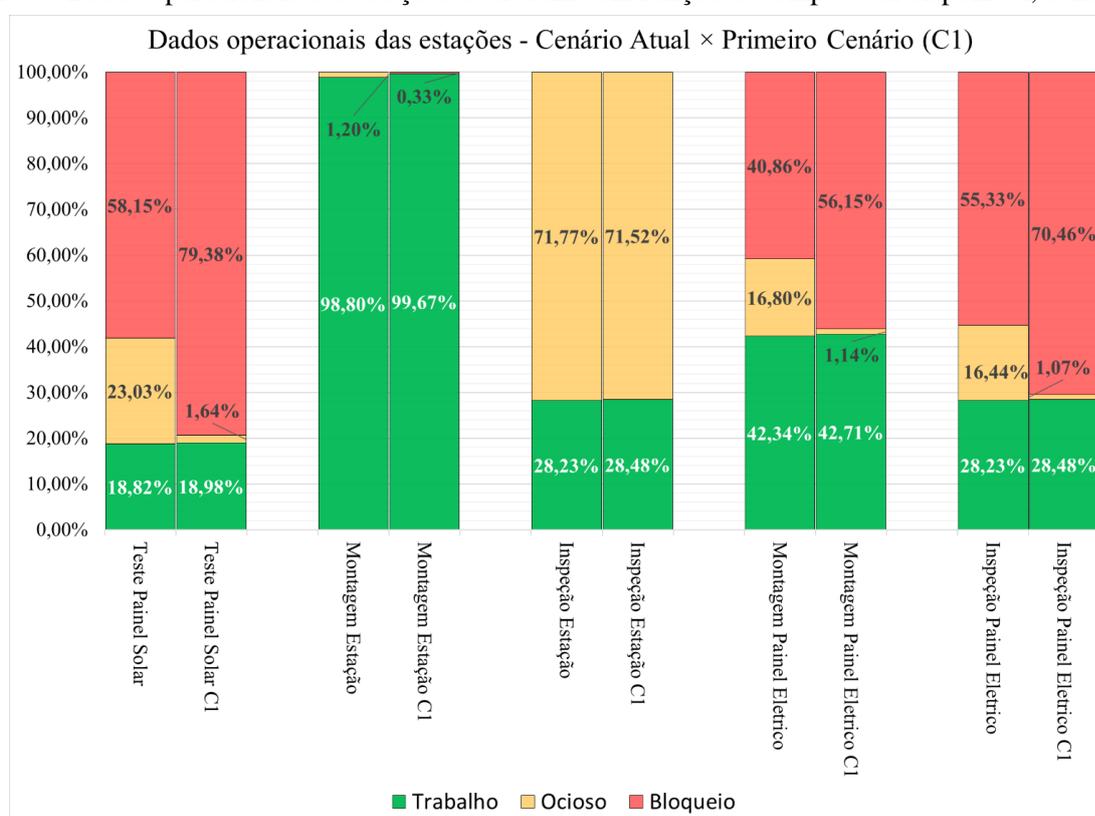
Estações	Trabalho	Ocioso	Bloqueio
Teste Painel Solar	18,98%	1,64%	79,38%
Montagem Painel Elétrico	42,71%	1,14%	56,15%
Montagem Estação	99,67%	0,33%	0,00%
Inspeção Painel Elétrico	28,48%	1,07%	70,46%
Inspeção Estação	28,48%	71,52%	0,00%

Fonte: Produção do próprio autor.

Analisando a Tabela 3, observa-se que a grande vantagem nesta otimização se deu pela redução abrupta dos tempos de ociosidade de cada processo, reduzindo assim o tempo em que cada estação não agrega valor ao produto, uma das premissas da PE. O Teste Painel Solar foi reduzido de 23,03 % para 1,64 %, a Montagem Painel Elétrico de 16,80 % para 1,14 %. Desta maneira, cada bancada permanece muito mais tempo ocupada com relação ao cenário anterior, onde todas permaneceram ociosas esperando o material para realizar sua função.

Os valores associados ao bloqueio aumentaram devido ao fato deste tempo ser diluído entre as demais bancadas, sendo o principal foco de redução na próxima otimização, haja vista a eliminação dos estoques e demais perdas associadas ao processo produtivo como um todo.

Figura 7 - Dados operacionais das estações de trabalho em função do tempo total disponível, cenário um.



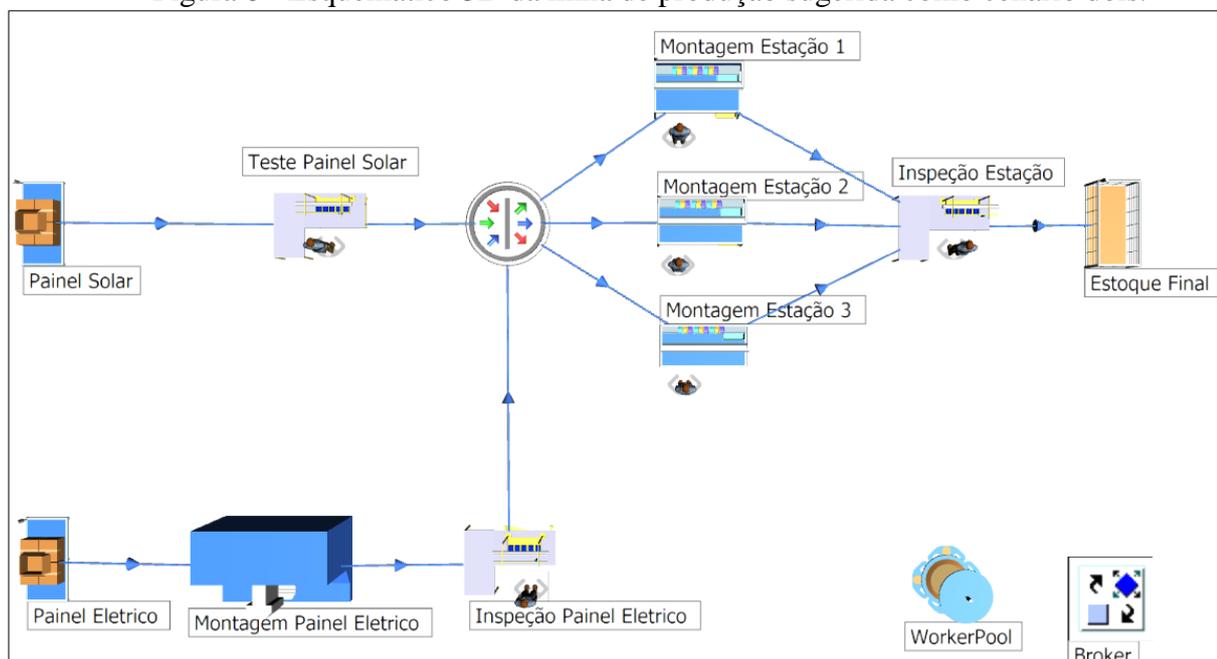
A Figura 7 exemplifica graficamente as melhorias impostas pelas mudanças realizadas na linha produtiva, além da redução do *Lead Time*, ou seja, o tempo total de produção, também foram reduzidos os tempos ociosos de cada estação, baseada nas ferramentas PE.

Nota-se que com exceção ao processo de Montagem Estação, todos os demais tiveram seus tempos ociosos reduzidos, A Montagem Painel Elétrico e Inspeção Painel Elétrico com valores acima de 16 % foram reduzidos para 1 %, e o Teste Painel Solar tinha um valor associado de 23,03 % foi diminuído para 1,64 %, devido à otimização de movimentos, transporte e retirada dos estoques e depósitos da linha.

Pode-se observar que os tempos de bloqueio sofreram alterações, indicando gargalos produtivos nos processos seguintes aos quais possuem valores elevados de bloqueio. A redução destes valores será o principal objetivo do próximo cenário, aumentando assim o tempo de trabalho e minimizando ao máximo o tempo no qual cada estação permanece bloqueada ou ociosa.

4.3 CENÁRIO 2

Figura 8 - Esquemático 3D da linha de produção sugerida como cenário dois.



Produção do próprio autor.

Fonte:

No segundo cenário de otimização, foram adicionadas mais duas bancadas de Montagem Estação, devido ao efeito observado tanto na Tabela 3, quanto na Figura 7, indicando elevadas taxas de bloqueio nos processos adjacentes, sugerindo um gargalo produtivo neste processo específico. Conforme foram realizadas estas alterações, manteve-se as melhorias impostas previamente, mantendo

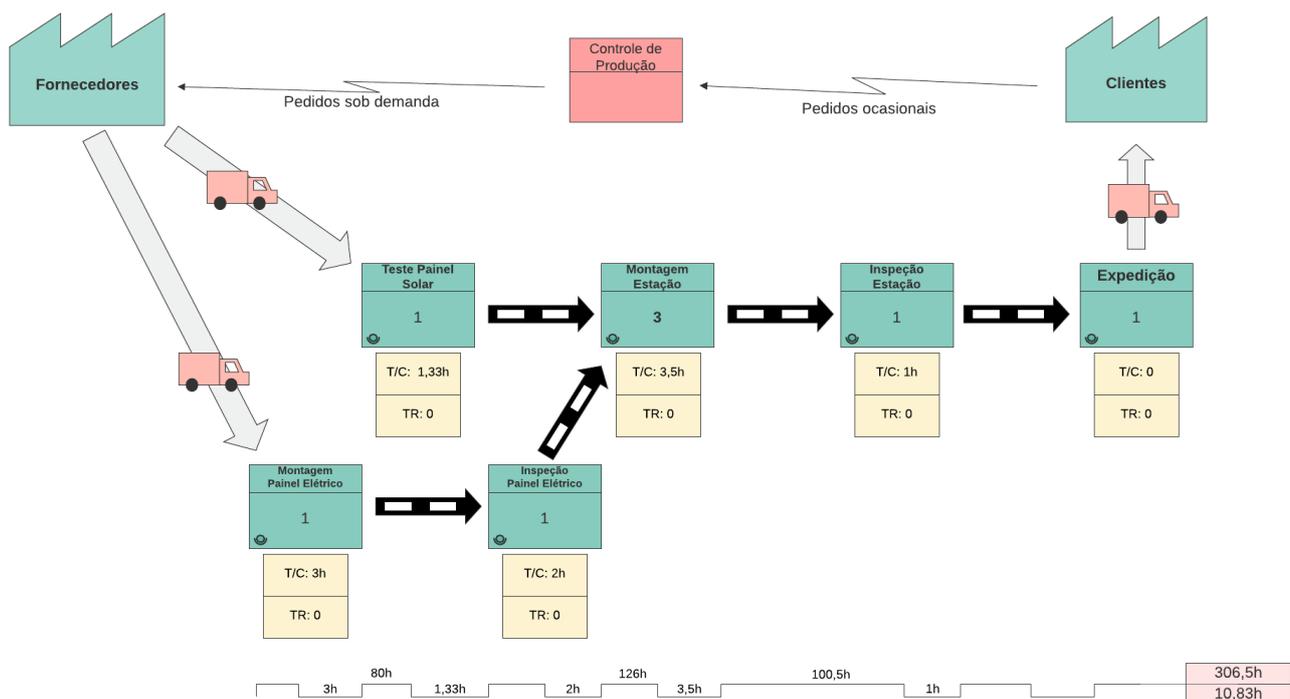
todos os benefícios observados no cenário 1. Desta forma, com posse do MFV, serão confirmados os benefícios das alterações e validadas as propostas de *layout*, analisando todos suas vantagens do ponto de vista operacional, dimensionando seu desempenho.

Como citado anteriormente, desta forma o *Lead Time* será reduzido de forma significativa, confirmando que o processo de Montagem Estação era o principal gargalo presente no processo produtivo como um todo.

$$\text{Lead Time} = 12 \text{ dias } 18 \text{ horas e } 30 \text{ minutos}$$

Houve uma redução de 56,4 % no tempo de produção da mesma quantidade de 100 painéis fotovoltaicos de um cenário para o outro, aumentando assim sua capacidade produtiva em mais de duas vezes.

Figura 9 – Mapa de Fluxo de Valor do cenário 2.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 4 - Dados operacionais das estações de trabalho, cenário dois

Estações	Trabalho	Ocioso	Bloqueio
Teste Painel Solar	43,50%	37,09%	19,41%
Montagem Painel Elétrico	97,88%	2,12%	0,00%
Inspeção Painel Elétrico	65,25%	25,18%	9,57%
Montagem Estação 3	76,51%	23,49%	0,00%
Montagem Estação 2	76,51%	23,49%	0,00%
Montagem Estação 1	75,37%	24,63%	0,00%
Inspeção Estação	65,25%	34,75%	0,00%

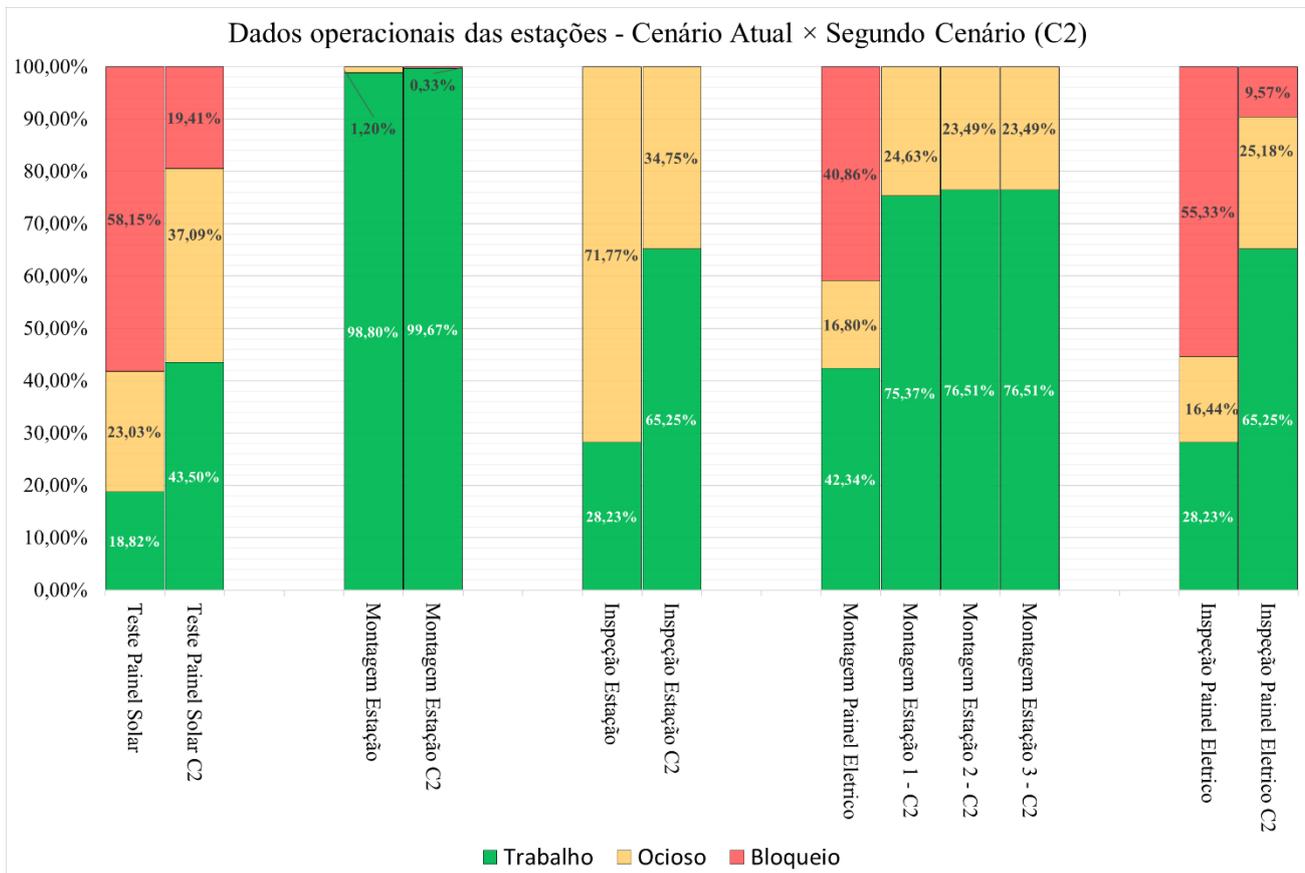
Fonte: Produção do próprio autor.

Analisando a Tabela 4, os valores de trabalho de cada estação foram aprimorados, mesmo com a redução significativa do *Lead Time*, os valores absolutos de trabalho subiram de forma expressiva, destaca-se o processo de Inspeção Estação que subiu de 28,48 % para 65,25 %, aumentando em 129% seu valor absoluto de trabalho, ou seja, mais que o dobro. Com posse desses valores, confirma-se o aumento do desempenho operacional da linha como um todo, analisando os indicadores de cada processo, além do *Lead Time* total.

Neste *layout*, houve um aumento nos valores ociosos de cada bancada, o que pode ser explicado devido à redução abrupta no tempo total de produção, aumentando proporcionalmente o tempo de espera de cada bancada, com base na redução ou eliminação por completo do bloqueio de cada estação presente.

No cenário anterior, existiam elevadas taxas de bloqueio, que indicavam gargalos na produção, estes dados foram em sua maioria reduzidos, como nas bancadas de, Teste Painel Solar, Inspeção Painel Elétrico, e eliminado por completo na estação de Montagem Painel Elétrico.

Figura 10 - Dados operacionais das estações de trabalho em função do tempo total disponível, cenário dois.



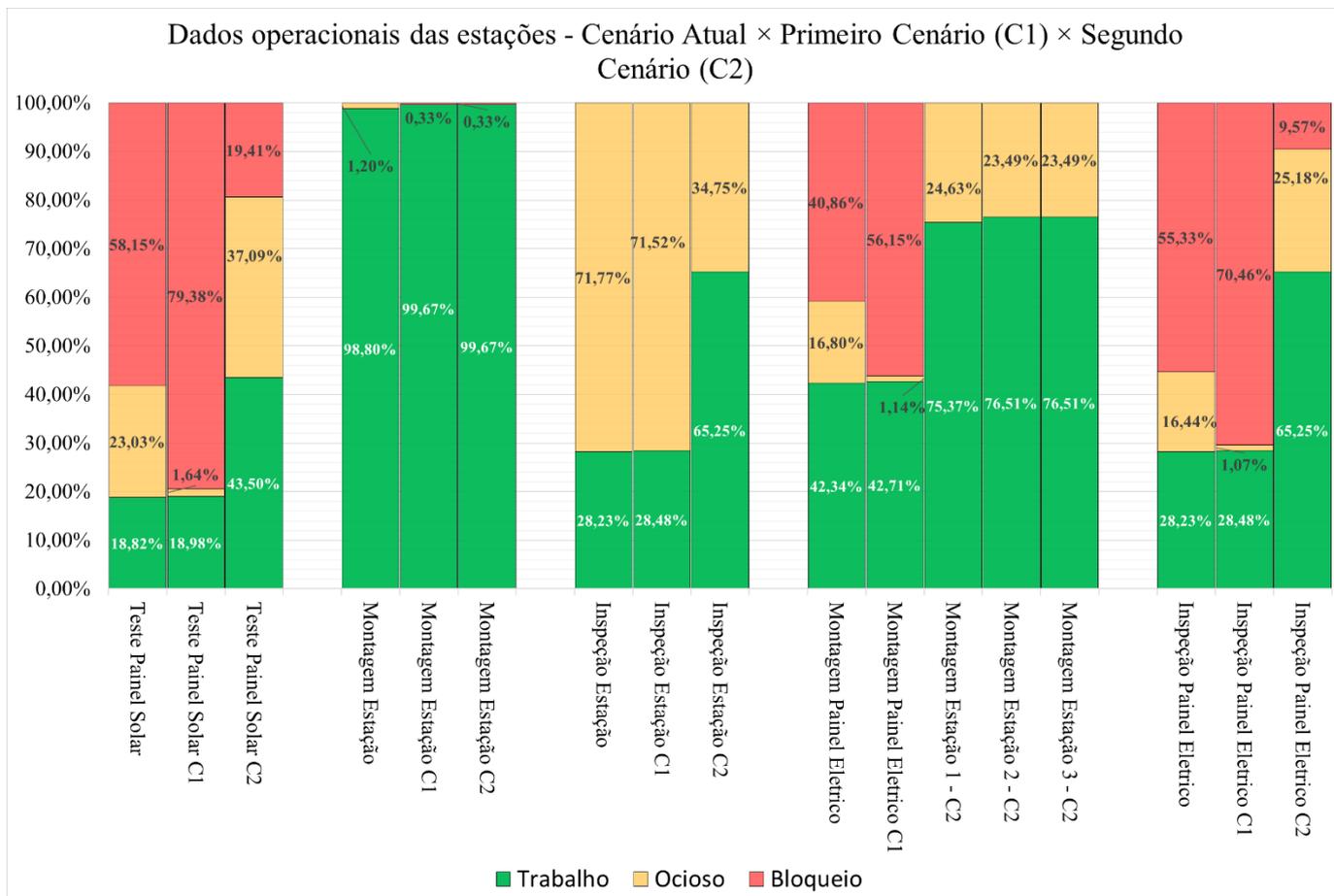
Fonte: Produção do próprio autor.

Na Figura 10, que representam os dados operacionais dos cenários propostos, exemplifica graficamente as melhorias implementadas no último *layout* proposto, o qual foi validado e sugerido à empresa, apresentando um aumento no desempenho operacional significativo.

Em todas as estações presentes, observa-se o aumento nos dados referentes ao trabalho realizado por cada processo, além da redução ou eliminação por completo dos dados associados a bloqueios e gargalos produtivos. Os tempos ociosos foram reduzidos em todos os processos, o aumento percentual observado nos gráficos se diz respeito à proporcionalidade no *Lead Time*, este reduzido em 56,4 %.

4.4 COMPARATIVO ENTRE OS CENÁRIOS

Figura 11 – Comparativo entre os cenários



Fonte: Produção do próprio autor.

Na Figura 11, são apresentados os dados comparativos entre os cenários, facilitando a observação das alterações graficamente. Todos os ganhos e melhorias citadas anteriormente são de ampla visualização na imagem apresentada.

5 CONCLUSÃO

Foi alcançado o objetivo inicial do trabalho, com uso de simulações e melhorias baseadas na PE alcançar um *layout* que aumentasse o desempenho econômico de linha produtiva do setor energético, de montagem de painéis fotovoltaicos. Foram realizadas duas melhorias no cenário base já existente, removendo pontos de estoque presentes e praticamente eliminando períodos ociosos e bloqueados das máquinas e operações.

Com o cenário final obtido, a empresa tem a possibilidade de implementá-lo e otimizar seu desempenho operacional, reduzindo significativamente seu *Lead Time*, como apresentado, em 56,4 % do tempo total inicial de seus estoques e tempo onde não é agregado valor ao seu produto. Todas as decisões tomadas durante as simulações no *software* TecnomatixTM, foram tomadas baseadas nas ferramentas da PE, destacando-se a JIT, Kanban, Metodologia 5S, Takt-Time, Poka-Yoke, Jidoka, entre outras presentes nas melhorias implementadas.

Este trabalho contribui de forma efetiva tanto na parte prática quanto teórica, haja vista os resultados obtidos e apresentados aos responsáveis para implementação da empresa, evidenciando carências a serem combatidas e corrigidas, embasadas na filosofia teórica da PE e dos resultados práticos adquiridos nas simulações.

Grandes dificuldades foram impostas devido à pandemia do COVID-19 presente no período de 2020 a 2021, dificultando as visitas e coletas de dados in loco na empresa, tanto quanto para reuniões para discussão do andamento e esclarecimentos acerca do trabalho. Com a colaboração de todos os envolvidos, foi estabelecida comunicação de forma remota, minimizando assim os prejuízos causados pelo distanciamento imposto pelas condições sanitárias mundiais.

Para pesquisas futuras sugere-se outras combinações de cenários que se pode propor para atingir o máximo de eficiência possível, considerando-se um processo iterativo e interativo de *feedback* com a empresa. Porém, existem outros fatores que devem ser levados em consideração, que no caso deste trabalho não foram, o investimento necessário, o espaço físico, a demanda reprimida, dentre outros. Além disso, cabe uma análise econômica e energética para implementações futuras, podendo ser escopo para um trabalho futuro.

REFERÊNCIAS

- ANDREEVA, Natalia. **Lean production and agile manufacturing—new systems of doing business in the 21st century**. XVII HHTK c Me> kkAyHapoAHO yqacThe, p. 75-81, 2008. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b11d/39d70fcc3052bb4e7a572043abd3897e557e.pdf> . Acesso em 15 jun, 2020.
- ASSUNPÇÃO, L., JACOBS, W. **Estudo comparativo entre Layouts sob a ótica da teoria das restrições com apoio de simulação de eventos discretos em empresa de alimentos**. Revista Produção Online; 19(1), 152 - 178. doi: <https://doi.org/10.14488/1676-901.v19i1.3147>
- BAVARESCO, Giovanna Cazanova; SALVAGNI, Julice. **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM EMPRESA DE TELECOMUNICAÇÕES: AS PERCEPÇÕES DOS GESTORES**. Revista de Carreiras e Pessoas (ReCaPe) | ISSN-e: 2237-1427, [S.l.], v. 5, n. 3, jan. 2016. ISSN 2237-1427. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/ReCaPe/article/view/23029>>. Acesso em: 09 jun. 2020. doi:<https://doi.org/10.20503/recape.v5i3.23029>.
- BRAGUETO, C. **Desenvolvimento do capitalismo no Brasil e industrialização**. Disponível em: Acesso em: 10/11/2021.
- BULHOES, Iamara Rossi; PICCHI, Flávio Augusto. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo em obras de edição**. Ambiente. constr. , Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 205-223, dezembro de 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000400014&lng=en&nrm=iso>. acesso em 13 de junho de 2020.
- CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente**. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2012.
- DE JESUS PACHECO, Diego Augusto. **Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração**. Production, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2013. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- DE OLIVEIRA CAMARGO, Alan; DA SILVA, Macáliston Gonçalves; SIMÕES, Wagner Lourenzi. **Contribuições de um evento kaizen para a produção de painéis eletrônicos automotivos: um estudo de caso**. Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE, p. 24-43, 2018
- DOS REIS ALVAREZ, Roberto; ANTUNES JR, José Antonio Valle. **Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**. Gestão & Produção. v.8, n.1, p.1-18, abr. 2001. ISSN-e:1806-9649 Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/gp/v8n1/v8n1a01.pdf>. Acesso em 15 jun, 2020.
- FPNQ - Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade. **Critérios de Excelência - O estado da arte da gestão da qualidade total**. FPNQ, São Paulo, 1995.
- GODINHO FILHO. **Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura: configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. 2004. 286 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos
- MCCORMICK, M. **Project Management Key Performance Indicator (KPI) Overview**. 2013. Disponível em: < http://www.mccormickpcs.com/images/KPIs_Overview.pdf>. Acesso em: 15 jun, 2020.

- MARTINI, Claudinei José; ZAMPIN, Ivan Carlos; RIBEIRO, Sidnei Lopes. **Indicadores de Desempenho: Uma Análise em uma Pequena Empresa do Ramo Metalmeccânico**. Gestão em Foco, Registro - Sp, p.96-109, 2015. Anual;
- MARQUART NETO, W.; BARBOSA, A. **Mudança de Cultura Organizacional: Introdução do Lean Manufacturing Numa Indústria Naval Brasileira Instalada no Estado de Pernambuco**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2, n. 2, 27 jul. 2017
- MIRANDA, André Araújo. **Desenvolvimento do Brasil: a importância da indústria na economia**. 2018. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Econômicas) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras (Campus de Araraquara), 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/203453>>
- OLIVEIRA, José Augusto de. **Relação entre as práticas de Produção mais limpa e as de Produção Enxuta: estudos de casos múltiplos e survey sobre os impactos no desempenho ambiental, econômico e operacional da empresa**. Cap. 3, p. 94 -103. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2016.
- OZGUNES, Beatriz Moura Canelas Marmelo e Silva. **Implementação de conceitos e práticas de Lean Manufacturing na empresa metalomeccânica Ciclo Fapril SA**. Cap 1, p. 1 - 25. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, jul. 2009.
- PEIXOTO, M., PINHEIRO, R., NOGUEIRA, E., BATALHA, M., & MENDONÇA, M (2013). **Estratégia de produção de empresas de um arranjo produtivo local: aplicação de modelo de áreas de decisão**. Revista Produção Online, 13 (4), 1517 - 1542. doi: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v13i4.1496>
- RODRIGUES, Mário Jorge Ferreira *et al.* **Implementação de práticas Lean numa linha de produção eletrônica**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, jul. 2012.
- SANTANA, Winston Carvalho. **Proposta de Modelo de Desenvolvimento de Sistema de Medição de Desempenho Logístico**. Cap 3, p. 36-71. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontífice Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2004.
- SOBREIRA NETTO, F. **Medição de Desempenho Organizacional: um estudo das vantagens e desvantagens dos principais sistemas sob as óticas teórico-acadêmica e de práticas de mercado**. Encontro da EnANPAD XXXI, set. 2007. Rio de Janeiro, RJ.
- TEZZA *et al.* **Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura**. Gestão & Produção. São Carlos, v. 17, n. 1, p. 75-93, 2010
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.