

Utilização da Ferramenta *Waste Identification Diagram* (WID) para Identificação de Desperdícios e Elaboração de Propostas de Melhoria de Produtividade em uma Empresa do Polo Industrial de Manaus

Ingrid de Lira Lima

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

ingrid.delira@gmail.com.br

Marcelo Albuquerque de Oliveira

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

marcelooliveira@ufam.edu.br

Gabriela de Mattos Veroneze

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

gveroze@ufam.edu.br

Joaquim Maciel da Costa Craveiro

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

jmaciel@ufam.edu.br

Resumo

O presente artigo analisa a aplicação da ferramenta *Waste Identification Diagram* (WID) em uma indústria de lentes oftálmicas instalada no Polo Industrial de Manaus (PIM). O WID foi utilizado para mapear os desperdícios e as oportunidades de otimização encontradas no processo. A ferramenta ainda é pouco conhecida pela academia e pela indústria, mas detém um grande potencial de representação de unidades produtivas, por ser eficaz e didática e ainda por ter sido criada para superar as dificuldades encontradas na utilização do VSM. O método utilizado foi a investigação-ação definida como uma metodologia essencialmente prática e aplicável conduzida pela necessidade de resolver problemas. Como resultado o artigo apresenta uma proposta de melhoria de processo a partir dos dados obtidos pela construção do diagrama e as vantagens de utilização da ferramenta.

Palavras-chave: WID, *Waste Identification Diagram*, Mapeamento de processo, Mapeamento de unidades produtivas.

Abstract

This article analyzes the application of the *Waste Identification Diagram* (WID) tool in an ophthalmic lens industry installed in Manaus Industrial Complex (PIM). The WID was used to map the wastes and optimization opportunities found in the process. The tool is still little known by the university and industry, but it has a great potential for representation of productive units, because it is effective and didactic and also because it was created to overcome the difficulties encountered in the use of VSM. The method used was the action-research defined as an essentially practical and applicable methodology driven by the need to solve problems. As a result, the article presents a proposal for process improvement from the data obtained by the construction of the diagram and the advantages of using the tool.

Keywords: WID, *Waste Identification Diagram*, Process Mapping, Production Unit Mapping.

1. Introdução

A abertura do mercado nacional e a globalização tem exigido que as empresas sejam cada vez mais competitivas de modo que consigam sobreviver a concorrência e atender a demanda do cliente. Para Chitturi et al. (2007) as indústrias não devem se limitar a projetar e fornecer serviços para um produto melhor, mas sim mudar suas operações e padrões de fabricação assim se mantêm competitivas.

Segundo Womack et al (1990) a melhoria sistemática nas técnicas e práticas fabris é adquirida quando a corporação aplica de maneira crescente as técnicas de *Lean*, que por sua vez agem diretamente na eliminação de desperdícios.

O *Toyota Production System* (TPS), também conhecido como *Kanban* ou *Just-in-time* evoluiu a partir da necessidade. Durante o período pós Segunda Guerra Mundial a indústria japonesa passa a enfrentar baixa demanda, pequenas produções de uma variedade de produtos, restrições essas que serviram para testar os fabricantes de automóveis. De modo a minimizar prejuízos, o objetivo mais expressivo do TPS é aumentar a eficiência da produção através da eliminação real de desperdícios. A etapa fundamental para a aplicação do Sistema Toyota de Produção é identificar os desperdícios:

- Superprodução;
- Tempo disponível (espera);
- Transporte;
- Super processamento;
- Estoque disponível (estoque);
- Movimento;
- Produzir produtos defeituosos.

Acabar definitivamente com desperdícios pode aumentar a eficiência de operação significativamente (Ohno, 1988). Assim fica evidenciado o quão necessário é para a indústria e para a academia ter métodos para a identificação dos desperdícios na cadeia de valor (Serrano et al., 2008).

Deste modo a presente pesquisa busca utilizar-se de ferramentas de *Lean manufacturing*, como WID-OEE (*Waste Identification Diagram-Overall Equipment Effectiveness*), uma ferramenta nova criada pela Universidade do Minho, que entra no circuito industrial para auxiliar visualmente engenheiros, tornando mais rápido análises de identificação de perdas.

A pesquisa dar-se-á em um ambiente de multinacional atuante no setor de fabricação de lentes oftálmicas, setor este que tem uma demanda de mercado estável e baixa concorrência local. Durante muito tempo a empresa foi líder de mercado e referência para as demais plantas do grupo.

A posição de liderança acomodou os investimentos em novas tecnologias, sistemas e até mesmo a utilização de ferramentas de controle de processo. Atualmente a empresa enfrenta dificuldades para realizar análises de problemas no setor, pois falta de registros de dados das condições anteriores do processo e das ações já realizadas. Uma outra dificuldade é ter que conciliar o uso de várias ferramentas (VSM, OEE, TUM e etc.) para apresentar dados, ainda que complexos, de modo simples.

Em busca de dados palpáveis para embasar decisões e visando unificar de modo prático e didático as informações da unidade produtiva em questão, essa pesquisa pretende responder a seguinte pergunta: : É possível aplicar ao setor de produção de lentes de uma empresa X do Polo industrial de Manaus (PIM) uma ferramenta capaz de reunir os dados necessários para análise de problemas de produção e por meio de diagramas/gráficos identificar imediatamente os principais ofensores do processo e as potenciais melhorias?

O estudo tem como objetivo geral: analisar e identificar desperdícios do estado atual do setor e propor melhorias na unidade de produção em estudo com a utilização da ferramenta visual WID-OEE. E como objetivos específicos:

- a) Identificar e avaliar os principais desperdícios;
- b) Definir e mensurar indicadores de desempenho;
- c) Apresentar propostas de melhoria do processo.

Desta maneira o estudo torna-se relevante para empresa, para os clientes e para a academia. Para empresa, pois o uso da ferramenta auxiliará na eliminação de desperdícios no chão de fábrica, o que resultará em *saving*. Para o cliente, porque atividades que não agregam valor ao produto serão evidenciadas e eliminadas. Para a academia, pois é uma ferramenta ainda pouco utilizada e estudada no Brasil, especificamente no PIM.

2. Referencial teórico

2.1 Sistemas de medição de desempenho

Para Mathur (2011) a medição de desempenho é imprescindível para identificar e solucionar problemas e essencial para otimizar a produtividade e o sistema de produção como um todo. Tangen (2002) julga 4 pontos essenciais para um bom funcionamento de um indicador de desempenho:

- As medidas tomadas devem ser de máquinas/postos estratégicos para alinhar a realidade as metas corporativas;
- As medidas precisam ser claras e coesas de modo a garantir um retorno preciso e em tempo útil;
- A medição precisa ser clara e didática, de maneira a não deixar dúvidas em quem está sendo avaliado;
- As medições precisam ter número limitado de medidas, incluído medidas de desempenho financeira e não-financeira.

Segundo Busso (2012), o indicador de desempenho global é capaz de mensurar a contribuição de diversas áreas para o resultado almejado. Enquanto um indicador parcial mede apenas parte do impacto de atuação das áreas.

Para Slack (2002) indicadores de desempenho global são de suma importância para que gestores possam enxergar com clareza o rendimento real do processo e a partir dos indicadores tomar ações para melhorar os números no futuro.

2.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

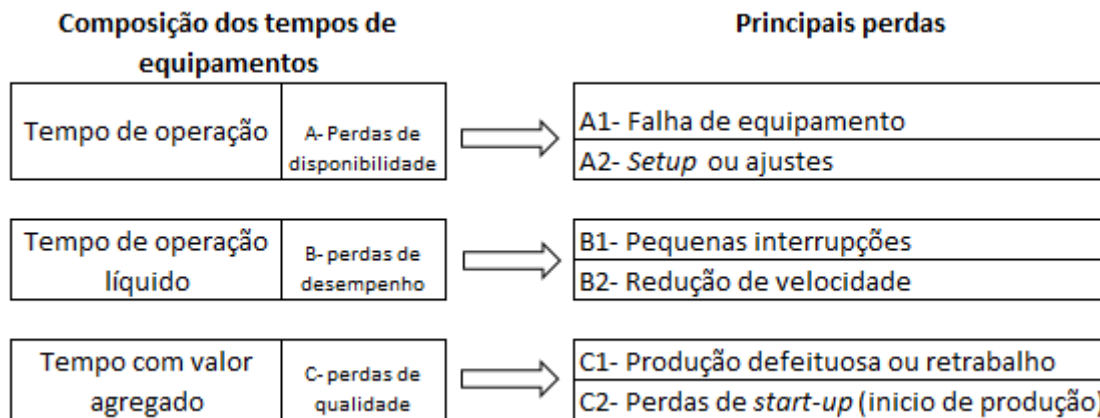
O OEE, de acordo com Sharma et al. (2006), pode ser definido como um indicador capaz de medir e analisar a eficiência de uma máquina, algumas máquinas ou uma célula agregando técnicas de gerenciamento para alcançar o equilíbrio entre a disponibilidade do processo, a eficiência e a qualidade

O OEE surge como indicador de desempenho e também como métrica de melhoria contínua para suportar o cenário do *Total Productive Maintenance*- TPM pela necessidade de ter um indicador

coeso e transparente capaz de mensurar o desempenho dos equipamentos tendo como precursor Nakajima (1988).

Segundo Nakajima (1988) é essencial para melhoria de qualquer equipamento designar suas perdas, portanto combina nas três classes seis principais perdas como ilustra a figura 01.

Figura 1 – Estrutura das seis principais perdas de tempo no indicador OEE.



Fonte: Adaptada de Braglia et al. (2009).

O cálculo do OEE é obtido através da combinação de três principais categorias: disponibilidade, desempenho e qualidade. Guimarães (2017) descreve que as duas primeiras perdas são conhecidas como perda de *downtime* e podem comprometer a disponibilidade, D, de uma máquina. A terceira e quarta são perdas que afetam a eficiência de desempenho por está diretamente ligada a velocidade, V. E as duas últimas estão ligadas a qualidade, Q, e trata-se da quantidade de defeitos obtidos. Deste modo o cálculo para encontrar o indicador é dado pela equação 1:

$$OEE = D \times V \times Q \quad (1)$$

Onde:

OEE = Overall Equipment Effectiveness

D= Disponibilidade

V= Velocidade

Q= Qualidade

Para calcular as componentes do OEE, Braglia et al.; (2009) designou as equações 2,3 e 4 .
Determina-se disponibilidade (D) pela equação 1, a seguir:

$$D = \frac{\text{tempo de carregamento} - \text{perdas de disponibilidade}}{\text{tempo de carregamento}} \quad (2)$$

Logo,

$$D = \frac{\text{tempo útil de produção}}{\text{tempo de carregamento}} \quad (2.1)$$

A velocidade (V), também chamada de taxa de desempenho é calculada da seguinte forma:

$$V = \frac{\text{tempo de ciclo} \times \text{total de itens}}{\text{tempo de operação}} \quad (3)$$

E por fim a qualidade (Q), que é calculada do seguinte modo:

$$Q = \frac{\text{total de itens} - \text{itens com defeito}}{\text{total de itens}} \quad (4)$$

Através das equações enxerga-se a simplicidade dos cálculos da ferramenta, Ron & Rooda (2005) consideram o OEE uma métrica global, clara e simples, utilizada por gestores por ser agregada e eficaz no diagnóstico das falhas de desempenho.

Como parâmetro de cálculo a literatura define um OEE ideal, Singh (2013) exemplifica o padrão na tabela 1, sendo o mesmo utilizado para base de comparação das empresas que utilizam a ferramenta, no entanto a comparação entre o real e o ideal só será válido se o objetivo desejado for crescer na mesma perspectiva do ideal.

Tabela 1 - Índices OEE global.

Índices OEE global				
Componentes	Desempenho	Disponibilidade	Qualidade	OEE
OEE global (%)	90	95	99,9	85

Fonte: Adaptado de Singh et al, (2013).

Assim salienta-se a importância da aplicação do OEE em âmbito industrial e sua capacidade de nortear melhorias. Segundo Bamber et al. (2003), além de monitoramento e controle da produção o OEE auxilia os programas de melhorias de processo, fornecendo dados de unidades produtivas ineficientes, indicando a subutilização de equipamentos e evidenciando metas não atingidas.

2.3 Lean Manufacturing

A filosofia *Lean* tem bases no TPS criado na década de 50, no entanto o termo *Lean production/ Lean manufacturing* passa ser difundido a partir de 1990 por Womack e tem como marco seu livro “*The machine that changed the world*” Womack & Jones (1996). Para Tinoco (2013) as ideologias do TPS se difundiram inicialmente para empresas vizinhas a Toyota e posteriormente para o mercado global e foram sofrendo adaptações e evoluindo até se tornar a filosofia *Lean Production* mundialmente conhecida.

De acordo com Womack & Jones (1996) o *Lean* tem cinco princípios (Figura 2) essenciais para eliminação de desperdícios e fundamentais para que a empresa se torne adaptável as necessidades do mercado e mantenha-se competitiva.

Figura 2 – Princípios do Lean.



Fonte: <https://www.ft.unicamp.br/liag/leanit/lean-it/>.

- **Valor:** Deve ser definido de acordo com a perspectiva do cliente e é fundamental para o pensamento enxuto;
- **Fluxo de valor:** Engloba todas as ações necessárias para que o produto seja concebido, do fornecedor ao cliente final;
- **Fluxo contínuo:** Tornar padrão um fluxo capaz de produzir o necessário sem acúmulo de material, refugo ou tempo de espera
- **Sistema puxado:** Produzir de acordo com a demanda do cliente;
- **Perfeição:** Utilizar-se da melhoria contínua (Kaizen) sem cessar.

De acordo com Womack & Jones (1996) as práticas *Lean* não devem ser limitadas aos setores produtivos. É de suma importância que todas os setores da empresa sejam envolvidos, o pensamento enxuto precisa ser disseminado em toda organização. No entanto, a mudança de pensamento é um processo demorado e complexo. Mann (2005) assume que a incorporação dos princípios a cultura organizacional é um processo gradual e muitas vezes lentos, de modo que a melhor maneira de se começar a imersão é através da adoção de práticas enxutas também.

Com respeito aos Desperdícios, encontrar e enumerar perdas de processo não é uma atividade simples e tampouco rápida, graças a Ohno (1988) os desperdícios que mais agridem o processo produtivo foram listados e estão divididos em sete:

- **Superprodução:** Trata-se de produzir além do necessário. Para Antunes et al. (2008) esse comportamento aparece sempre que a unidade produtiva tem problemas que comprometem a produção, como máquina quebrada, retrabalhos ou baixa confiança nos fornecedores. Diante dessas circunstâncias a conduta dos superiores passa a ser criar *buffer* para compensar possíveis paradas, logo para tornar a eliminação desse desperdício real os fatores citados precisam ser anteriormente solucionados, caso contrário a eliminação se torna inviável.
- **Tempo disponível (espera):** Para Nogueira (2010) a espera é o intervalo de tempo em há indisponibilidade de recursos, sejam eles materiais ou informações. Antunes et al. (2008) divide as perdas por espera em dois grupos: a) perdas por espera dos equipamentos e b) perda por espera dos trabalhadores. Segundo Carneiro (2011), o tempo de espera resultará horas extras para compensar o tempo perdido.
- **Transporte:** Bell (2006) define transporte como qualquer movimentação, de pessoas ou matérias. Para Nogueira (2010) esse desperdício pode ter origem em layouts ineficientes ou planejamento e controle da produção fraco.
- **Super processamento:** Para Ortiz (2006) esse desperdício ocorre porque nem sempre um produto é produzido da maneira mais eficiente ou eficaz. Segundo Antunes et al.;(2008) esse desperdício pode ser encontrado a partir de duas perguntas: a) Por quê esse produto ou serviço deve ser produzido? E b) Por quê esse método deve ser utilizado nesse tipo de fabricação?
- **Estoque disponível (estoque):** Segundo Bell (2006) o estoque é um desperdício de matéria-prima e produto final, que esconde defeitos de produção e mantém capital financeiro parado.
- **Movimento:** Para Ohno (1997) esse desperdício está relacionado a todas as movimentações que não agregam valor algum ao produto, normalmente gerado por layouts mal projetados e postos de trabalho desorganizados

- **Produzir produtos defeituosos:** Para Shingo(1996) Os defeitos atrapalham o processo e geram desperdícios. Segundo Liker (2004) um produto defeituoso, implica em retrabalho para troca de peça ou tempo para repará-la e ainda existe a necessidade de inspeção do material.

Segundo Shingo (1996), é eliminando as perdas do sistema que se aumenta os lucros. Para Antunes et al.:(2008) os desperdícios são perdas desnecessárias que não agregam valor, logo devem deixar de existir.

2.5 VSM

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta utilizada para traçar o fluxo de valor atual dos processos produtivos desde a origem da matéria prima e insumos até a entrega ao consumidor final de modo a destacar os desperdícios e as atividades que não geram valor. É parte da ferramenta também projetar o estado futuro do processo com a eliminação dos desperdícios. Segundo Rother & Shock (1999) a ferramenta é voltada para demonstração do fluxo de materiais ou de informações dos processos.

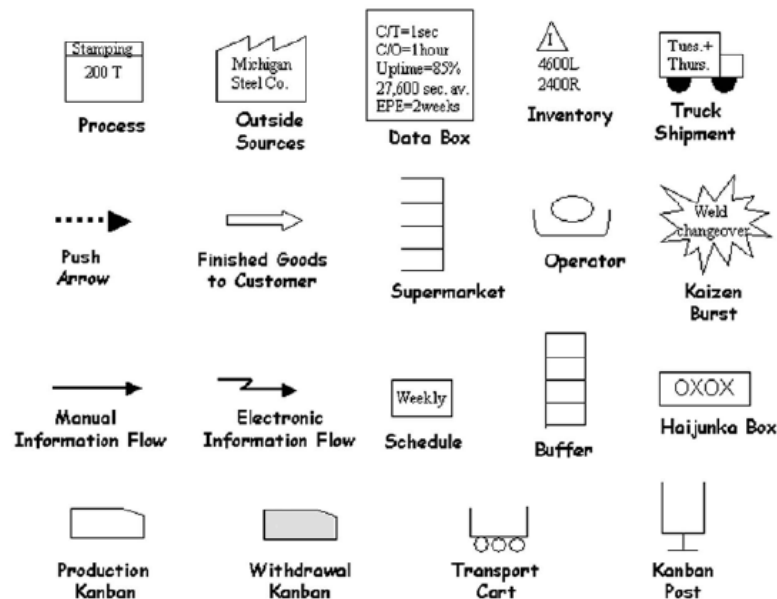
Para orientar a utilização do VSM Rother & Shock (1999) destacam 3 *steps*:

- Definir a família de produtos a ser analisada;
- Construir do VSM atual;
- Construir o VSM do estado futuro.

Para Rother & Shock (1999) definir a família de produto que será analisada é essencial pois a ferramenta não permite análise simultânea do mix de produção, por isso deve-se escolher o produto de maior representatividade para o cliente.

De modo a padronizar a simbologia utilizada para contruir o VSM, Rother & Shock (1999) desenvolveram uma linguagem visual indicada na Figura 3.

Figura 3- Ícones do VSM.



Fonte: Rother & Shock(1999).

É importante destacar que a data box abriga informações que ditam o curso do VSM. Rother & Shock definem que a caixa de dados deve ter o resultado de cálculos como takt time, lead time, quantidade de operadores e o tempo de setup.

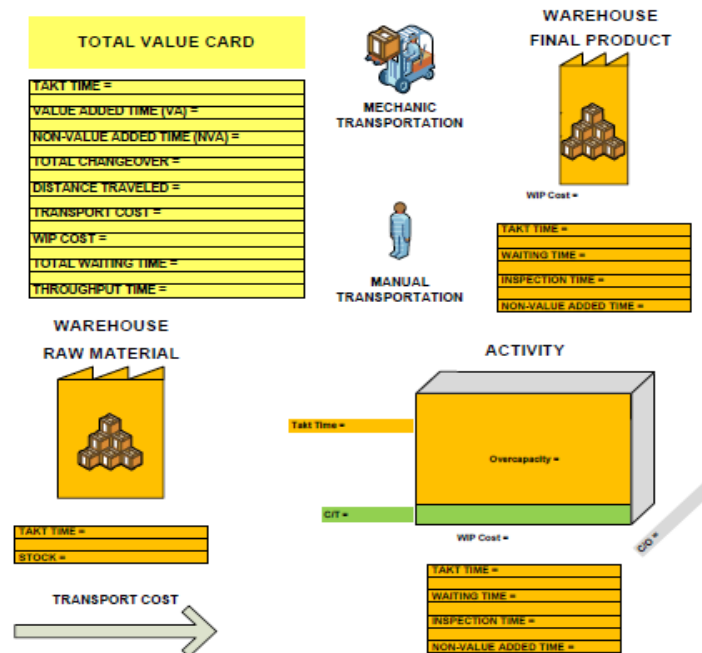
A utilização do VSM como ferramenta apresenta inúmeros benefícios. Para Amor (2013) os benefícios mais enfáticos são: a facilidade para identificação de desperdícios, a distinção das atividades que geram valor para as que não geram, o avanço da visualização dos fluxos de informação e material entre processos, aperfeiçoamento da percepção do fluxo de valor de toda organização e a possibilidade de enxergar as oportunidades de melhoria.

No entanto o VSM é uma ferramenta que apresenta algumas limitações. Para Gahagan (2010) é de difícil entendimento para pessoas não habituadas com o método. Chitturi et al.:(2007) fala da dificuldade ao usar o modelo em processos robustos com mix de produção elevado. E ainda a ferramenta é voltada para o fluxo de material e informação sendo inviável a representação do fluxo de pessoas.

2.6 WID

O *Waste Identification Diagram* (WID) visa atenuar algumas das limitações encontradas pelo VSM. É uma ferramenta de suporte à gestores de empresas para auxiliar na identificação de desperdícios e no alcance de melhorias. Seu objetivo é ser uma metodologia de fácil visualização e entendimento no fluxo produtivo. Para sua elaboração e representação é utilizado um conjunto de ícones (Figura 4) (Sá, 2010).

Figura 4 - Ícones utilizados na elaboração do WID.



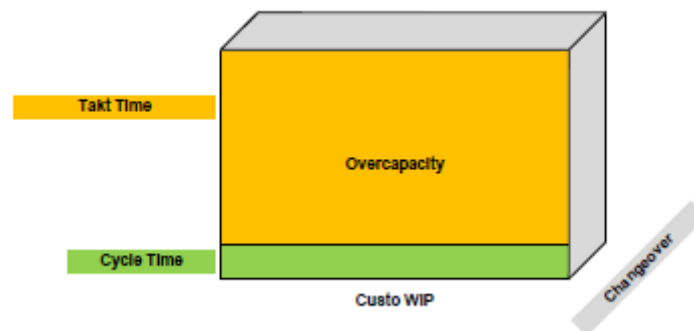
Fonte: Sá (2010).

2.6.1 Componentes do WID

Entre os ícones utilizados, três tem maior relevância por conter uma gama de informações.

- **Block Icon:** As atividades no WID são denotadas por meio de blocos 3D como da Figura 5. Onde o eixo xx do bloco representa o tempo de *changeover*. O eixo yy do bloco representa o *WIPcost* e o eixo zz representa o *takt time*. (Sá, 2010)

Figura 5 - Block icon.



Fonte: Sá (2010).

O *changeover* utilizado como componente de profundidade do bloco é mensurado em minutos e refere-se ao tempo de troca de máquina, tendo que ser coletado no momento de realização da atividade. (Sá, 2010)

Sá (2010) define *WIP cost*, que é visualmente a base do bloco, como forma de mensurar o custo dado a empresa com os produtos que se encontram em espera nessa estação de trabalho por dia e é calculado da seguinte forma:

$$\text{Valor médio em estoque}(\$) = \text{WIP} \times \text{Valor unitário do produto final} (\$) \quad (5)$$

Para obter o custo que a empresa tem relacionado a *WIP*, multiplica-se o resultado encontrado na equação 5 por 25%, visto que essa é a perda estimada por ano.

$$\text{Custo médio} (\$/\text{ano}) = \text{valor médio em estoque} \times 25\% \quad (6)$$

Dado que o resultado encontrado na equação 6 está em função do ano, é necessário converter para encontrar o custo por dia:

$$\text{Custo médio} (\$/\text{dia}) = \frac{\text{Custo médio} (\$/\text{ano})}{365 \text{ dias}} \quad (7)$$

A utilização desses cálculos é de suma importância para que todos os envolvidos tenham o real conhecimento de valor gasto com excesso de estoque (Sá, 2010).

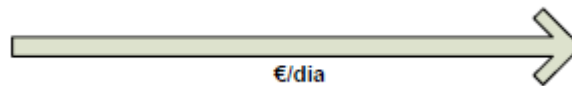
Sá (2010) posiciona o *Takt time* como a altura do bloco e sobrepõe o valor ao de *cycle time*. No bloco ambos assumem cores diferentes, *takt time*, laranja e *cycle time*, verde. O valor do Cycle

time se obtém observando a atividade e é tido em minutos. Para calcular o takt time o autor utilizou-se da seguinte fórmula (8):

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo disponível para produzir (min/dia)}}{\text{demanda/dia}} \quad (8)$$

- **Transport cost:** É representado por uma seta (Figura 6) que na parte inferior exibe o custo do movimento representado e tem sua largura aumentada na mesma proporção do custo. Indica o valor perdido com transporte através de máquinas ou postos, visto que é uma atividade que não agrega valor ao produto final (Sá, 2010).

Figura 6 - Transport cost.



Fonte: Sá (2010).

- **Total Value Card (TVC):** O TVC (Figura 7) abriga a informação geral de modo resumido para ser direcionado aos agentes decisores da instituição.

Figura 7 - Total Value Card.

TOTAL VALUE CARD	
TAKT TIME =	
VALUE ADDED TIME (VA) =	
NON-VALUE ADDED TIME (NVA) =	
TOTAL CHANGEOVER =	
DISTANCE TRAVELED =	
TRANSPORT COST =	
WIP COST =	
TOTAL WAITING TIME =	
THROUGHPUT TIME =	

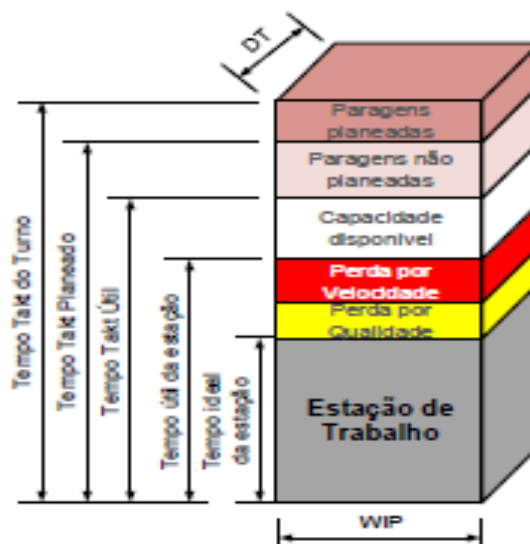
Fonte: Sá (2010).

2.6.2 WID/OEE

Guimarães (2017), adiciona ao *block icon* do modelo tradicional do WID dados de capacidade, perdas de qualidade e velocidade. E faz uma troca de variável, a profundidade que no modelo proposto por Sá (2010) indica o tempo de setup, no modelo WID/OEE indicará os *downtimes*. Para que a origem dos *downtimes* sejam também expressas, agrega-se a capacidade disponível as paradas planejadas e as não planejadas.

O mesmo autor divide o bloco em tempo ideal, que é o tempo padrão da atividade, tempo útil da estação que é o tempo padrão mais as perdas, tempo útil que soma aos tempos citados a capacidade disponível, tempo *tackt* planejado que soma ao tempo útil as paradas não planejadas e por fim o tempo *tackt* do turno que soma ao tempo *tackt* planejado as paradas planejadas como indica a figura 8.

Figura 8 - Modelo final WID/OEE.



Fonte: Guimarães (2017).

Segundo Guimarães (2017) o novo modelo de bloco dispõe de informações suficientes para uma análise intuitiva do impacto gerado pelas paradas planejadas e não-planejadas. E ainda é capaz de mostrar com clareza a capacidade disponível do equipamento.

O *transport cost* que na primeira versão do WID é utilizado para representar o custo da movimentação, no modelo WID-OEE é utilizado para simbolizar o esforço do transporte.

3. Metodologia de Coleta e Análise de Dados

Inicialmente fez-se um levantamento bibliográfico sobre *Waste Identification Diagram* (WID), buscando-se entender o funcionamento da ferramenta, sua origem e aplicabilidade; sobre *Value Stream Mapping* (VSM) para conhecer a fundo a ferramenta, poder identificar áreas não englobadas pelo VSM e comparar ao WID; sobre *Lean* de forma global; e sobre indicadores de produtividade como OEE.

Para nortear a presente pesquisa utilizou-se a metodologia investigação-ação, definida por Coutinho et al., (2009) como uma metodologia, sobretudo prática e aplicável conduzida pela necessidade de resolver problemas. O mesmo autor considera como objetivo da metodologia compreender, otimizar e renovar ações/métodos, o que torna-a capaz de intervir no funcionamento de unidades reais e apresentar uma análise minuciosa.

De acordo com Pérez (2002) a metodologia está essencialmente dividida em quatro fases:

- Diagnóstico ou descoberta do problema;
- Construção do plano de ação;
- Proposta prática das ações e observação de como funciona;
- Reflexão, interpretação e integração dos resultados.

De forma análoga, o estudo estará dividido em quatro fases:

Na primeira fase define-se o problema que se deseja tratar: os desperdícios de uma linha de produção. No presente caso, depois da definição buscou-se referências que detinham o mesmo problema e ferramentas capazes de identificar e evidenciar com clareza os potenciais ofensores da linha.

Na segunda fase, elabora-se o plano de ação. Nessa fase levanta-se os dados existentes para aplicação na ferramenta em modo demonstrativo para verificar a adaptação da mesma ao processo, elenca-se as ações futuras em um cronograma para controlar suas realizações e solicita-se da equipe suporte para o projeto.

É na terceira fase, que se realiza as observações do processo *in loco* para analisar o mesmo e diagnosticar a situação atual. É nessa fase que as propostas iniciais do estudo são planejadas e aplicadas.

Na quarta fase interpreta-se criticamente os dados obtidos e avalia-se os resultados da proposta fornecida. É nessa fase que se julga se as propostas de melhoria ou as implementações de melhoria foram relevantes para a empresa em questão. Nesta fase acontece também a discursão dos indicadores escolhidos para mensurar o desempenho das unidades produtivas.

3.1 Coleta de Dados

Para começar a coleta de dados, primeiro analisou-se o curso do processo, para entender suas particularidades. Observou-se que para produção de uma lente é necessário um conjunto de materiais como moldes, clipe e liga de borracha. Quando o conjunto de moldes está envolto pela liga de borracha é chamado de sanduíche (SDW). Os moldes, bandejas e cliques são retornáveis, o que denota o modelo de produção como cíclico.

Após o período de observação, definiu-se que seria utilizado o grupo de produtos Progressivos para aplicar a ferramenta. O grupo foi escolhido por ter alto volume de produção e por ter famílias de maior valor agregado. Para compor o WID-OEE são necessários dados de máquina e dados de *handling* (manuseio no processo).

O período definido para a coleta foi de 01 à 31 de julho e utilizou-se modos diferentes para realizá-la. Os dados de parada de máquina e manutenções buscou-se retirá-los do sistema interno onde se abre as ordens de serviço (OS), como o sistema não exige que o técnico responsável pela OS insira o horário de término da atividade, quando se extraiu a base das informações do software encontrou-se a falta de horários para algumas OS, que tiveram que ser buscados *in loco*, pois no setor estudado existe um *flipchart* onde se acompanha as ordens de serviço abertas.

Dados de qualidade, volumes de produção e WIP médio foram retirados dos *reports* diários que o setor encaminha por *email*. Os *downtimes* foram registrados em uma tabela disponibilizada para os líderes do setor diariamente. Como haviam diversas fontes de dados, para uma melhor análise e para o cálculo dos dados que compõe o WID, os mesmos foram reunidos em uma única tabela (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados coletados no mês de julho de 2018.

DADOS PARA WID (JULHO 2018)												
Postos	Takt time (seg)	Tempo de ciclo (seg)	Máquinas/ operadores	WIP	Perdas de velocidade (%)	Qualidade (Yield)(%)	Downtime (seg)	Paradas Planejadas (seg)	Paradas não Planejadas (seg)	Tempo disponível turno (seg)	Tempo planejado (seg)	Tempo útil (seg)
Declipping	2,2	2,5	2	90	4,28%	92,08%	600	0	360	28200	28200	27840
Degasket	2,2	4	2	20	21,45%	92,08%	6480	300	840	28200	27900	27060
Brushing	2,2	4,2	2	12	8,74%	92,08%	1500	0	1200	28200	28200	27000
Oven	2,2	2,5	2	20	2,89%	92,08%	420	0	420	28200	28200	27780
Assembly	2,2	11,6	6	24	26,52%	92,08%	7740	600	1620	28200	27600	25980
Inspection	2,2	4,3	2	12	2,29%	92,08%	600	0	60	28200	28200	28140
Bubble inspection	2,2	0,8	1	45	1,05%	92,08%	300	0	0	28200	28200	28200
Clipping	2,2	2,6	2	20	10,48%	92,08%	1500	0	1800	28200	28200	26400
Filling	2,2	6,8	4	90	8,67%	92,08%	1200	1020	360	28200	27180	26820
End of line	2,2	6,8	2	30	4,71%	92,08%	1080	300	0	28200	27900	27900
VATS	2,2	68,3	12	1080	4,28%	92,08%	660	0	600	79200	79200	78600

Fonte: O Autor (2018).

Já os dados de desperdícios de *handling* foram coletados através de uma amostragem por observação, o método que mais se aproxima do cenário real. Para encontrar o número de amostras necessárias para dar validade estatística ao evento utilizou-se a seguinte equação (9):

$$N = \left(\frac{Z \cdot x \cdot \vartheta}{e} \right)^2 \quad (9)$$

Onde:

Z= grau de confiança

Ö= Desvio padrão

e= erro

Considerou-se para o grau de confiança 93% e a taxa de erro de 7%. Como o desvio padrão é desconhecido, estimou-se o mesmo através da regra prática que se utiliza de amplitude, tendo como base experiências empíricas. E ainda como há várias atividades a serem observadas, levou-se em consideração 50% de probabilidade associada, tendo em vista que é o caso mais exigente.

$$N = 1,96^2 \times 0,5 \times (1-0,7) / 0,07^2 = 365$$

Para padronizar coleta das amostras, montou-se uma lista com as atividades realizadas pelos colaboradores do setor, as mesmas foram divididas em seis categorias como evidenciado na tabela 03.

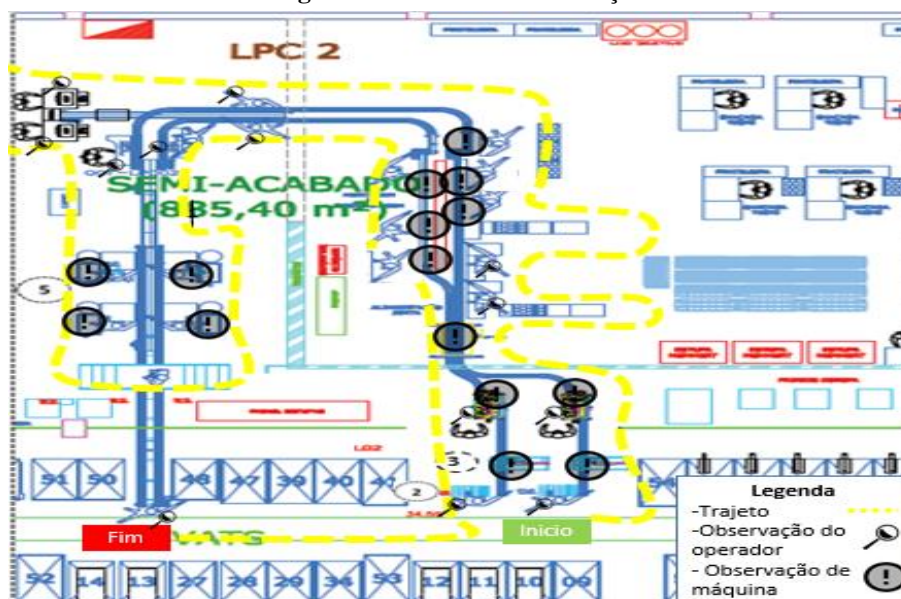
Tabela 3 - Atividades de Mão de obra no setor.

Atividades de mão de obra do Setor		
Categoria	Atividade	Descrição
Produção	Entrada e saída de material	Ocorre semanalmente atendendo o programa de produção
	Contagem do material	Contagem lotes produzidos
	Pack out	Organiza em bandejas de 15 cavidades e coloca o cartão ID
	Operação	Abastecendo máquina
	Assistência	Assistência ao equipamento: Erros, micro paradas, falhas de leitura
Administrativo	Reuniões	EPS e passagem de turno
	Sistemas	Operação de sistema: OS, GCP
	Documentos	Checklists, gráficos de controle, caderno de produção
Transporte	Transporte de material	Dentro do setor
	Transporte de inventário	Movimentação de lotes, Para tratamento ou embalagem individual
Manutenção	Setup	Troca de diametro de abertura, cliques, monômero
	Manutenção	Limpeza de filtros, linha, bancada, anti-estático
Inspeção e medidas	Inspeção Lote/unidade	Referencial 17
	Medida de centro e borda	Especímetro
Outras	Operador fora do posto	Volta de intervalos, banheiro e etc.

Fonte: O Autor (2018).

Depois definiu-se o percurso, os postos que deveriam ser verificados (Figura 10) e a frequência que a observação deveria ser feita. Optou-se por realizar 5 observações nos 23 postos nos dois primeiros dias e no último dia 6 observações, totalizando 368 amostras, número que fornece validade estatística a observação.

Figura 9 - Percurso de observação.



Fonte: O Autor (2018).

3.2 Tabulação de Dados e Construção do Diagrama

Para construir o diagrama calculou-se os dados que compõe a tabela 4 a partir dos dados da tabela 2.

Tabela 4 - Dados para WID (junho 2018).

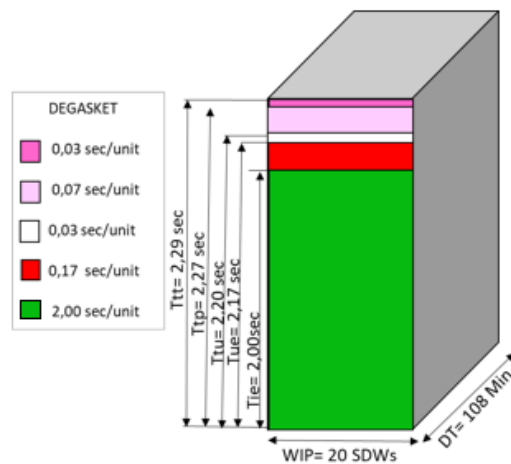
DADOS PARA WID (JULHO 2018)												
Postos	Takt time (seg)	Qualidade (Yield)(%)	Capacidade Disponível	Tempo takt do turno	Tempo takt planejado	Tempo takt útil	Tempo útil da estação	Tempo ideal da estação	Perdas de velocidade (seg/ciclo)	Perdas por qualidade	Paradas Planejadas (seg/ciclo)	Paradas não Planejadas (seg/ciclo)
Declipping	2,2	92,08%	0,71	2,29	2,29	2,26	1,55	1,2	0,26	0,10	0,00	0,03
Degasket	2,2	92,08%	0,03	2,29	2,27	2,20	2,17	2	0,17	0,00	0,02	0,07
Brushing	2,2	92,08%	0,03	2,29	2,29	2,20	2,16	2,1	0,06	0,00	0,00	0,10
Oven	2,2	92,08%	0,58	2,29	2,29	2,26	1,68	1,25	0,33	0,10	0,00	0,03
Assembly	2,2	92,08%	0,02	2,29	2,24	2,11	2,09	1,9	0,04	0,15	0,05	0,13
Inspection	2,2	92,08%	0,00	2,29	2,29	2,29	2,29	2,1	0,02	0,17	0,00	0,00
Bubble inspection	2,2	92,08%	1,19	2,29	2,29	2,29	1,10	0,8	0,07	0,23	0,00	0,00
Clipping	2,2	92,08%	0,56	2,29	2,29	2,15	1,59	1,3	0,06	0,23	0,00	0,15
Filling	2,2	92,08%	0,11	2,29	2,21	2,18	2,07	1,7	0,08	0,29	0,08	0,03
End of line	2,2	92,08%	0,00	2,29	2,27	2,27	2,36	2,1	0,09	0,17	0,02	0,00
VATS	2,2	92,08%	0,00	6,44	6,44	6,39	6,39	5,69	0,24	0,45	0,00	0,05

Fonte: O Autor (2018).

A linha utilizada para a investigação é uma linha espelhada, ou seja, possui o lado interno e o externo com as mesmas configurações, o que gera uma divergência no registro de paradas não

planejadas e *downtimes*, o que se tornou um empecilho no tratamento dos dados pois o setor não possui registro sistêmico de eficiência por máquina, por isso considerou-se o desempenho global das estações para a construção do diagrama. Cada *block icon* desenhado representa uma estação ou o conjunto de máquinas/estações de trabalho que desempenham a mesma atividade para melhor visualização da produção, como evidenciado na figura 10 que representa as unidades de dejuntamento.

Figura 10 - Block icon Máquina de dejuntamento.



Fonte: O Autor (2018).

De acordo com a ferramenta WID os indicadores utilizados no *Total Value Card* (TVC), devem ser indicadores que forneçam informações essenciais aos engenheiros da linha, portanto os dados escolhidos e calculados para compor o cartão (Figura 11) foram:

- Produtividade (*Productivity*): Utilizada para mensurar a eficiência que os recursos estão sendo utilizados. Para calculá-lo utilizou-se da equação (10).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Quantidade planejada}}{\text{n}^{\circ} \text{ de operários} \times \text{tempo disponível para produção}} \quad (10)$$

- Utilização da Mão-de-obra agregando valor (*Workforce utilization in VA*): Usada para verificar o quanto da mão de obra utilizada está acrescentando valor. Esse dado foi retirado do gráfico de pizza que compõe o diagrama.
- Tempo de atravessamento (*Throughput time*): Utilizado para saber o tempo necessário que uma unidade produzida leva para atravessar o sistema, levando em consideração a quantidade de *Work in process* (WIP) na estação de trabalho e no sistema (WIPs). Foi calculado através da equação (11) :

$$Ta = \sum_{i=1}^m (WIP \times Tt) = WIPs \quad (11)$$

- Relação de valor agregado (*Value added ratio- VAR*) : Relaciona o tempo que se leva em operações que agregam valor ao produto com o tempo que uma unidade leva para atravessar o sistema. Quanto maior o indicador mais produtivo é a estação ou sistema. O VAR é um indicador muito usado para nortear eliminação de custos pode ser calculado por estação ou para o sistema e é dado por (12):

$$VAR = \frac{\text{Tempo de processamento}}{\text{Tempo de inventário}} \quad (12)$$

- Eficiência do sistema (*System efficiency*): É um indicador utilizado para mensurar o percentual de tempo disponível em cada estação de trabalho e o percentual de tempo que está agregando valor. Pode ser calculado o valor ideal do indicador através da equação (13):

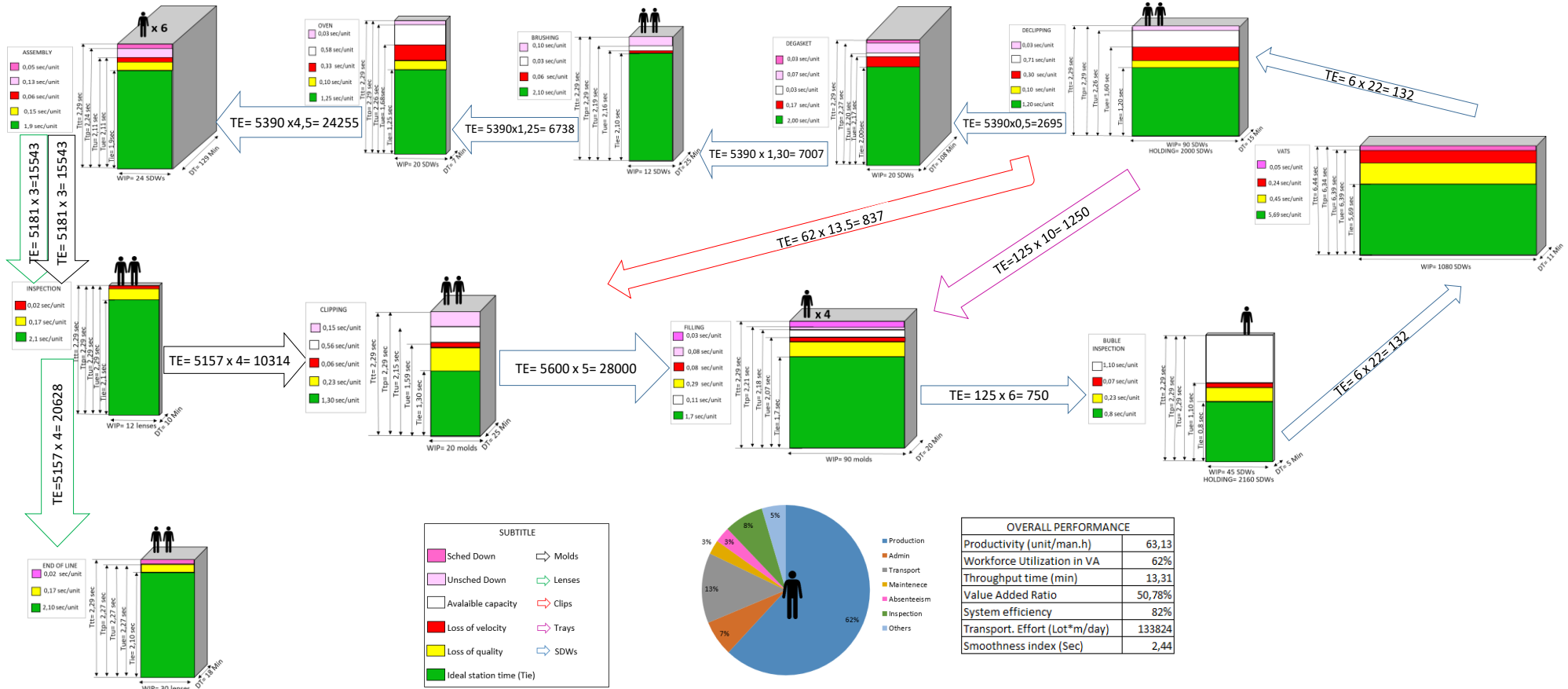
$$\text{Eficiência esperada} = \frac{\sum_{i=1}^m \text{Tempo da estação}}{\text{tempo de ciclo do sistema} \times n^{\circ} \text{ de estações}} \quad (13)$$

E a equação (14) foi utilizada para avaliar a eficiência durante o período de coleta de dados.

$$\text{Eficiência observada} = \frac{\text{Quantidade de produtos bons} \times \sum_{i=1}^m \text{Tempo da estação}}{\text{tempo disponível de produção} \times n^{\circ} \text{ de estações}} \quad (14)$$

Figura 12 - WID – Line II atual.

WID LINE II



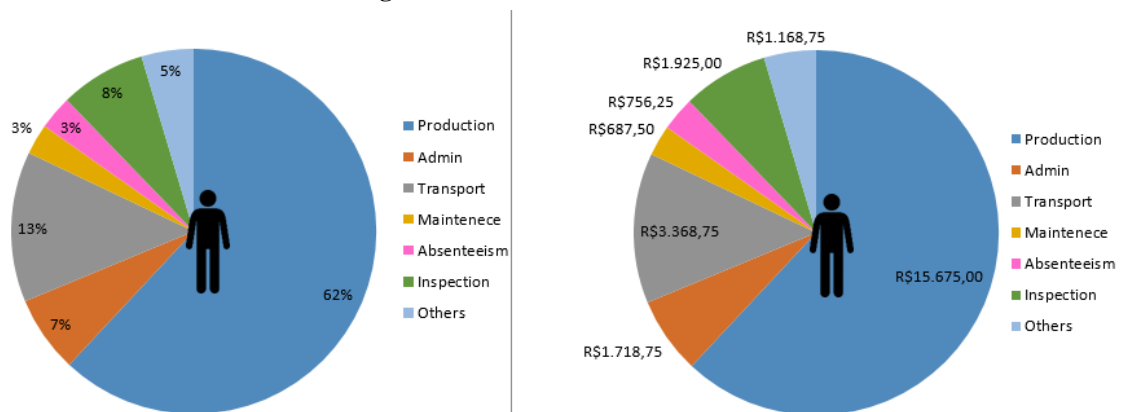
Fonte: O Autor (2018).

4. Discussão dos Resultados

Do diagrama representado na figura 12 podem-se extrair informações do processo que culminam em potenciais oportunidades de melhoria, como:

- O fluxo do processo: O processo em estudo tem movimentação intensa e transporta não só o produto montado, bem como o conjunto de materiais necessários para a montagem. A otimização do transporte desses materiais implica ter um percentual maior de atividade humana direcionada a tarefas que agregam valor. O gráfico de pizza do diagrama mostra que se perde com transporte 13% de capital humano. Tratando a utilização de mão de obra no processo em termos financeiros, o desperdício corresponde a aproximadamente \$3.368,75 reais. Levando em consideração a média salarial de \$1.100,00 por operador, perde-se por mês 3 operadores para atividades que não geram valor.

Figura 13 - Gráfico de valores.



Fonte: O Autor (2018).

- Movimentação: Um posto também afetado, dessa vez pelo excesso de movimentação é o *Declipping* esse posto puxa a produção e ainda precisa movimentar uma serie de materiais, esse deslocamento acaba gerando perdas de velocidade e carregamento, prejudicando o empenho de todo o sistema.
- Esforço do transporte: As larguras das setas indicam os postos que tem o maior esforço de transporte. O esforço no processo tem um balanceado aceitável, porém não nivelado. Olhando para o diagrama é fácil perceber que a estação de trabalho *Clipping* é a mais afetada. Por estar distante da próxima estação e por fazer a movimentação por unidade e não por lote.
- Distribuição de WIP: De acordo com os dados do diagrama os postos com maior número de material em processamento são, respectivamente: VATs, *Filling*, *Declipping*.

- Tempo de atravessamento: As estações que mais demoram para atravessar uma peça depois das VATs que obedecem um ciclo térmico com o tempo de ciclo definido e rigidamente monitorado, são *Inspection e End of Line*;
- A quantidade de tempo perdida em *downtime*;
- Paradas planejadas e não planejadas: A quantidade de paradas não planejadas ultrapassa as planejadas. É necessário para o processo um plano de manutenção preventiva e preditiva com urgência;
- Perdas de qualidade: Como o produto final tem um critério fechado de aceitação por ser um produto voltado a saúde. Esse ponto exige a máxima eficácia do processo e otimização do método de inspeção.

Calculou-se OEE para cada posto de trabalho individualmente, como evidenciado na tabela

5. Para embasar as ações de melhoria.

Tabela 5- Dados OEE por estação.

Work Station	Performance	Availability	Quality	OEE
Dedipping	96%	99%	92%	87%
Degasket	96%	97%	92%	86%
Brushing	96%	96%	92%	85%
Oven	93%	99%	92%	84%
Assembly	93%	94%	92%	80%
Inspection	92%	100%	92%	85%
Bubble inspection	92%	100%	92%	85%
Clipping	92%	94%	92%	79%
Filling	92%	99%	92%	84%
End of line	92%	100%	92%	85%
VATS	92%	99%	92%	84%

Fonte: O Autor (2018).

Os resultados obtidos individualmente apresentam um cenário aceitável, visto que o OEE considerado ideal pela literatura é de 85%. Das 11 estações estudadas, 5 estão abaixo do percentual ideal. Mas esse número não indica que se tem um cenário perfeito, isso porque muito do que se foi utilizado foi registrado manualmente. Os dados, certamente, servem para apontar os maiores problemas, mas não demonstram com precisão o desempenho de cada máquina.

Para as condições do processo atual, se planeja no máximo 12300 lentes para um turno de produção. Embora exista uma variedade de produtos em linha, o tempo de setup é desprezível, isso

porque a matéria prima necessária é a mesma, os programas das máquinas não se alteram e os componentes (moldes, cliques, ligas) fazem o processo cíclico já descrito, por tanto o tempo de troca de produto no processo não é um limitante para o planejamento de produção.

Para produzir 12300 lentes usa-se para o ciclo de polimerização 12 estufas. Cada estufa tem o carregamento máximo de 1080 SDWs. Fazendo uma divisão simples, percebe-se que é utilizado 11,4 das 12 estufas. Considerando o tempo de fadiga do operador e que em condições ideais o gargalo da produção seria capaz de processar 12676 lentes e ainda se considerarmos uma parada nesse posto de 15 minutos por turno, mesmo assim com a otimização do processo a linha produziria no mínimo 2% de lentes a mais por turno.

As propostas de melhorias de processo listadas visam usufruir dessa eficiência tendo o máximo aproveitamento dos recursos já existentes com baixo investimento:

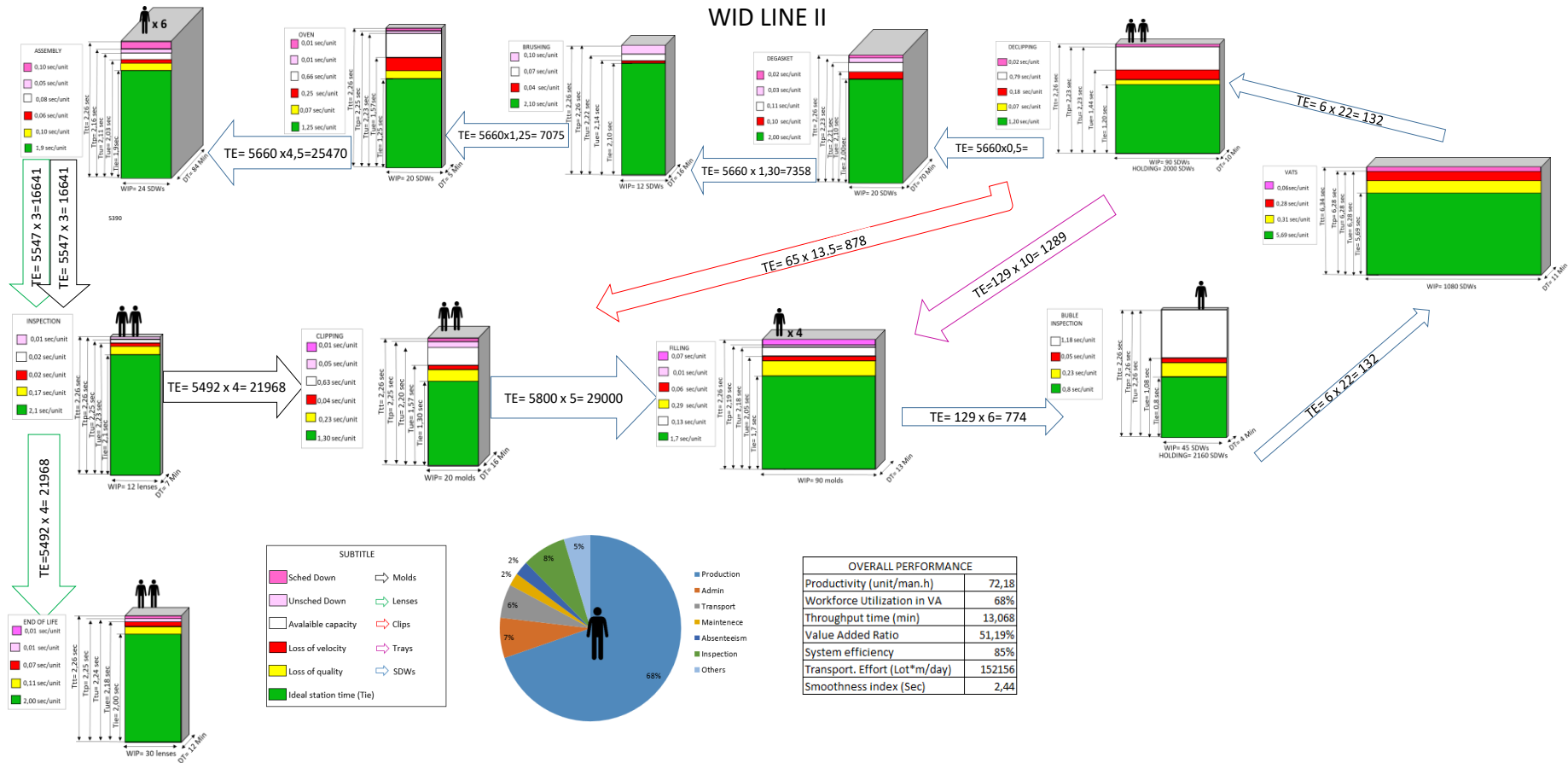
- Ter um operador como *Mizusumachi*, pessoa responsável em fazer os abastecimentos da linha. Para reverter o tempo de deslocamentos dos demais operadores em ganho de eficiência. Visto que 37% do registro de transporte da linha dos operadores na linha é referente a abastecimento e transporte de material. Eliminar a movimentação excessiva dos operadores, também implica em diminuir perdas de velocidade e aumentar disponibilidade e performance.
- Utilizar *Kanban* para armazenar a quantidade reserva de cada tamanho de clipe e posicioná-los embaixo da bancada de clipagem e para as bandejas de *pack out* vazias no posto *End of line* deste modo diminui-se a frequência de movimentação para abastecimento;
- Implementar o uso do OEE, para ter-se dados mais claros e controle do processo, para que os gestores possam ver o desempenho da linha e tratar os ofensores com mais rapidez. E também para que os líderes possam visualizar a quantidade produzida por hora e possam se antecipar em manobras para evitar grandes cortes de produção;
- Automatizar totalmente o posto *Brushing*, pois a atividade pode ser facilmente executada por uma máquina e a mesma não requer configuração complexa, assim dois operadores podem ser realocados;
- Elaborar um plano de manutenção preventiva e também preditiva para evitar ao máximo as paradas não planejadas. Com um plano de manutenção coerente, ;
- Utilizar Controle estatístico da qualidade para mapear as perdas de qualidade e utilizar-se da metodologia *Six sigma* para antecipar o erro, identificar as falhas e ter um diagnóstico preciso

do processo. Se implementada, inicialmente espera-se ganhar 2,5% de qualidade nos primeiros meses após a implantação;

- Registrar os *Downtimes* e direcionar as paradas aos responsáveis das áreas de forma imediata. Para que as tratativas sejam mais ágeis e as perdas de produtividade tenham motivos registrados. Desta maneira espera-se conscientizar os setores fornecedores a fornecer respostas rápidas e assim diminuir cerca de 35% dos *Downtimes*.

O estado futuro para o WID que se busca diante das oportunidades de melhoria detectadas é o evidenciado na figura 14.

Figura 14 - WID do Estado Esperado após melhorias.



Fonte: O Autor (2018).

6. Agradecimentos

Este estudo foi realizado em parceria com a UFAM no âmbito do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção. Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM pelo apoio a este trabalho no âmbito do Projeto POSGRAD (Resolução nº 005/2022-POSGRAD).

Referências

- AMOR, José (2013). Aplicação de princípios de Lean manufacturing em uma empresa de metalomecânica pesada, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho;
- ANTUNES, J. et al. Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008;
- BAMBER, C.J. et al. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness. Journal of Quality in Maintenance, 2003;
- BELL, S. (2006), Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement, New Jersey, Wiley – InterScience;
- BRAGLIA, M; FROSOLINI, M; ZAMMORI, F. Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line (OEEML) – na integrated approach to assess systems performance, Journal of manufacturing technology management, v.20, pp 8-29, 2009;
- BUSSO, C.M. (2012). Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção;
- CARNEIRO, O.P. (2011), Organização da produção através da aplicação de ferramentas Lean numa empresa de mobiliário, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho;
- CHITTURI, R. M., Glew, D. J. and Paulls, A. (2007). Value Stream Mapping in a Jobshop. Paper presented at the IET International Conference on Agile Manufacturing. ICAM 2007;
- COUTINHO, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). Investigação-acção : metodologia preferencial nas práticas educativas. Revista Psicologia, Educação e Cultura, 13:2 , pp. 355- 379.
- GAHAGAN, S. M. (2010). Adding value to value stream mapping: a simulation model template for VSM. from <http://www.iienet2.org/PrinterFriendly.aspx?id=7584>

GUIMARÃES, Levi. (2017). Desenvolvimento de um modelo de análise, diagnóstico e representação visual de unidades produtivas, Dissertação de mestrado- Universidade do Minho; LIKER, J. K. (2004), The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer; McGraw Hill;

MANN, D. Creating a new culture: tools to sustain lean conversations. New York: Productivity-press, 2005;

MATHUR, A.; DANGAYACH, M.L; SHARMA, M; SHARMA, M.K. Performance measurement in automated manufacturing (2011). Measuring Business Excellence., v.15, n.1, pp 80-91;

NAKAJIMA, S. (1998). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge, MA:Productivity;

NOGUEIRA, M. A. A. (2010), Implementação da Gestão da Produção Lean: Estudo de Caso, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa;

OHNO, Taiichi. Sistema Toyota de produção (1988). p.09-22.

ORTIZ, C. A. (2006), Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line, New York, United States of America, CRC Press – Taylor & Francis Group;

PEREZ Serrano, Gloria. (2002).Investigación Cualitativa. Retos e interrogantes. Métodos (Tomo I). Madrid: La Muralla.

RON, A. J., ROODA, J. E.; Equipment Effectiveness: OEE Revised. Transactions on semiconductor manufacturing, Volume 18, No.1, 2005;

ROTHER, M., & Shook, J. (1999). Learning to see – Value Stream Mapping to create value and eliminate muda. Massachusetts: The Lean Enterprise Institute

SÁ, J.C.V. (2010). Modelo de análise e diagnóstico de uma unidade produtiva, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho;

SERRANO, I.;Ochoa, C.; & Castro, R. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. International Journal of Production Research;

SHARMA, Rajiv Kumar; KUMAR, Dinesh; KUMAR, Pradeep. Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis. Industrial Management & Data Systems, [s.l.], v. 106, n. 2, p.256-280, fev. 2006;

