



Aumento de eficiência por meio do mapeamento do fluxo de produção e aplicação do Índice de Rendimento Operacional Global no processo produtivo de uma empresa de componentes eletrônicos

Increased efficiency through production stream mapping and application of Index of Global Operating Income in the manufacturing process of an electronic components company

Caroline Chagas Prates¹
Denise Lindstrom Bandeira¹

Resumo: A busca constante pela excelência no âmbito empresarial tem exigido um conhecimento minucioso de todos os recursos da empresa, principalmente no que se refere à área produtiva, na qual realmente acontece a agregação de valor ao produto final. O mapeamento dos processos, a eliminação de perdas e o controle por meio de indicadores confiáveis são fundamentais para o aumento deste conhecimento e para o apoio à tomada de decisões. Com base nesses pressupostos, este trabalho apresenta um estudo de caso realizado no processo de produção de uma fabricante de capacitores resistentes a altas vibrações dentro da indústria automotiva. O objetivo foi encontrar o caminho da eficiência, primeiramente mensurando os ciclos de produção, em seguida, identificando pontos falhos e, por fim, propondo ações que visem o crescimento do IROG (Índice de Rendimento Operacional Global). A aplicação do método permitiu identificar a operação gargalo e demais pontos limitantes do processo, contribuindo para a alavancagem da eficiência na empresa.

Palavras-chave: Mapeamento do processo. Perdas. Gargalos e restrições. IROG. Fluxo de produção. Mentalidade enxuta.

Abstract: *The constant search for excellence in business has required a thorough knowledge of all company resources, especially with regard to the production area, in which value is indeed added to the final product. Process mapping, elimination of losses, and control through reliable indicators are essential to the enhancement of knowledge and decision making support. Based on these assumptions, this study presents a case study conducted in the production process of a manufacturing plant of high-vibration resistant capacitors for the automotive industry. The goal was to achieve efficiency, firstly by measuring the production cycles, next by identifying flaws, and at lastly by proposing initiatives aimed at increasing the IROG (Index of Global Operating Income). The application of this method allowed identifying the bottleneck operation and other limiting factors of the process helping to boost the company's efficiency.*

Keywords: *Process mapping. Losses. Bottlenecks and constraints. IROG (Index of Global Operating Income). Stream production. Lean thinking.*

1 Introdução

A preocupação pela eficiência no setor de produção teve origem na Administração Científica, também conhecida como Taylorismo, no qual o estudo de “tempos e movimentos” foi crucial para o desenvolvimento econômico. Após o fim da I Guerra Mundial, foi a vez de Henry Ford lançar “O Fordismo”, baseado na produção em série que eliminava a movimentação desnecessária do operador com o uso de esteiras (MOTTA; VASCONCELOS, 2006).

O Japão também apresentou importante contribuição. Após a II Guerra Mundial, a indústria

automotiva japonesa, em função da sua realidade socioeconômica e geográfica, desenvolveu o modelo de produção enxuta, visando minimizar desperdícios. A falta de recursos, de um modo geral, motivou esta iniciativa (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). Eiji Toyoda e Taiichi Ohno foram os responsáveis pela implantação do modelo que apresentou vantagem significativa comparada à produção em massa proposta por Ford (WOMACK; JONES, 1998).

O aperfeiçoamento dos processos produtivos faz-se necessário, pois, nos dias atuais, não é com o

¹ Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Rua Washington Luís, 855, CEP 90010-460, Porto Alegre, RS, Brasil, e-mails: ccprates@ea.ufrgs.br; dlbandeira@ea.ufrgs.br

Recebido em 9/5/2011 – Aceito em 23/8/2011

Supporte Financeiro: CAPES e CNPq

aumento dos preços que se atinge o lucro esperado; ao contrário, a oferta de produtos é alta e a vantagem competitiva dá-se no preço do produto final. Para não abrir mão dessa vantagem, as empresas devem trabalhar na redução dos custos e é nesse ponto que a produtividade elevada e a produção eficiente ganham importância (CORRÊA; CORRÊA, 2004). Além disso, a necessidade de economizar recursos em prol da sustentabilidade também tem sido um argumento bastante ascendente na atualidade. Não se pode esbanjar, muitos recursos estão escassos e possuem tempo de vida bastante limitado. Se usados, devem realmente se converter em produtos e não em desperdícios. Nesse contexto, o aumento da eficiência no uso de insumos é considerado uma ação ecológica empresarial (VELLANI; RIBEIRO, 2009).

Porém, atingir níveis elevados de produtividade não é fácil, requer estudo e experiência. Faz-se necessário conhecer o processo em que se está atuando, saber suas limitações e atuar, preferencialmente, de forma preventiva. Após o estabelecimento de um processo realmente eficiente, ainda é preciso controlar, ou seja, verificar se os resultados esperados estão realmente sendo atingidos. Esse controle acaba acontecendo basicamente por meio de indicadores específicos, os quais devem buscar dados de alimentação em fontes confiáveis e, principalmente, refletir as necessidades da empresa (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Este trabalho foi desenvolvido dentro de uma empresa fornecedora ao ramo automotivo, com conceitos intrinsecamente ligados aos descritos anteriormente. A área estudada, por sua vez, se defronta, atualmente, com a demanda de determinadas famílias de produtos maior do que a oferta. Isso gera atrasos na confirmação dos pedidos dos clientes e, é claro, perda de receita, visto que existem compradores, porém não há disponibilidade dos produtos. Outro ponto importante é a ineficiência, encontrada em algumas operações e no mau uso dos recursos como um todo. Além disso, trata-se de um processo novo e, por isso, não existe um conhecimento claro sobre os níveis de produtividade, objetivos que devam ser traçados e de controles necessários ao acompanhamento. Ou seja, um estudo para aumentar a eficiência auxiliaria não apenas na produção de mais peças, mas, também, no conhecimento real das capacidades de produção bem como formas de controle que possam ser implantadas.

O objetivo deste trabalho é mostrar um caminho mais eficiente para essa linha de produção. Para almejar aumento na eficiência, foram necessárias algumas ações: mapeamento do processo produtivo, medição dos tempos das operações e identificação dos gargalos e das restrições produtivas. A partir desses levantamentos, foi possível, posteriormente, realizar o balanceamento do fluxo de produção, reduzir o

tempo de atravessamento e *lead time* de produção, bem como propor outras potenciais melhorias.

Nesse contexto, descrevem-se, na seção 2, os princípios básicos da produção enxuta; na seção 3, o estudo de caso é apresentado e, na seção 4, são analisados os resultados obtidos.

2 Mentalidade enxuta nas empresas

A mentalidade enxuta busca, primordialmente, a eficiência, que pode ser compreendida como a utilização eficaz dos recursos disponíveis, ou seja, ter um melhor aproveitamento, diminuindo desperdícios e gerando a máxima transformação em produtos finais. Teoricamente, é a palavra usada para indicar que a organização utiliza produtivamente, ou de maneira econômica, seus recursos. Quanto mais alto o grau de produtividade ou economia na utilização dos recursos, mais eficiente a organização é. Em muitos casos, isso significa usar menos quantidade de recursos para produzir mais (MAXIMIANO, 2006). De acordo com Salgado et al. (2009, p. 354):

“O pensamento enxuto não é apenas um modelo de produção diferenciado que altera os modos usuais de manufatura em uma linha de produção. Sua implementação representa uma mudança geral na empresa, principalmente na cultura das pessoas (...).”

O *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta, como é conhecida no Brasil, foi criada e divulgada no Japão, em decorrência da escassez de recursos após a II Guerra Mundial, e mostrou, principalmente com os resultados obtidos na Toyota, grande desempenho voltado à produtividade, redução de custos e aprimoramento da qualidade. O pensamento enxuto visa fazer cada vez mais com cada vez menos. É nesse ponto que se assemelha à eficiência, visto que possuem conceitos que induzem ao mesmo objetivo. Abdulmalek e Rajgopal (2007) apresentam a redução de custo pela eliminação de atividades que não agregam valor como um ponto relevante na mentalidade enxuta que foi desenvolvida na Toyota por Taiichi Ohno (1912-1990) que, essencialmente, tende à eliminação dos desperdícios durante as operações. Pattanaik e Sharma (2009), além da eliminação de atividades que não agregam valor, também citam o balanceamento do fluxo como uma atividade necessária para aplicação eficaz do *Lean Manufacturing*.

Desperdício, por sua vez, é conhecido pelos japoneses como *muda*, isto é, atividades que demandam recursos, mas não agregam valor. Em um conceito mais amplo, desperdícios podem ser compreendidos como erros que exigem correção, produção de itens que ninguém deseja, acúmulo de mercadorias no estoque, etapas de processamento que na verdade não são necessárias, movimentação de funcionários

e transporte de mercadorias de um lugar para o outro sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo, e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente (WOMACK; JONES, 1998).

Com o intuito de eliminar esses desperdícios, a metodologia *Lean* baseia-se nos cinco princípios do *Lean Thinking*, os quais foram disponibilizados pelo *Lean Institute* Brasil (1998) e podem ser observados na sequência:

1-Valor: o ponto de partida para a mentalidade enxuta consiste em definir o que é Valor. Diferente do pensamento vigente, não é a empresa e sim o cliente que define o que é valor. Para ele, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

2-Fluxo de valor: o próximo passo consiste em identificar o Fluxo de Valor. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focalizar reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de valor, pois olham apenas para números e indicadores, no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (e, por vezes, inclusive o pós-venda).

3-Fluxo contínuo: a seguir, deve-se dar “fluidez” para os processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade das pessoas. Elas têm de deixar de lado a ideia que têm de produção por departamentos como a melhor alternativa. Constituir fluxo contínuo com as etapas restantes é uma tarefa difícil do processo. É também a mais estimulante. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. A empresa pode atender à necessidade dos clientes quase que instantaneamente.

4-Produção puxada: isso permite inverter o fluxo produtivo. As empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovando estoques) por meio de descontos e promoções. O consumidor passa a puxar o fluxo de valor, reduzindo a necessidade de estoques e valorizando o produto. Sempre que não se consegue estabelecer o fluxo contínuo, conectam-se os processos por meio de sistemas puxados.

5-Perfeição: quinto e último passo da mentalidade enxuta, deve ser o objetivo constante de todos os envolvidos nos fluxos de valor. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa em processos transparentes, nos quais todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor (LEAN..., 1998).

2.1 Mapeamento do processo produtivo

De acordo com Rivera e Chen (2007), o processo produtivo associado ao uso de recursos pode ser observado no mapeamento do fluxo. Para fazer o mapeamento do processo, é necessário seguir o fluxo de produção, observando suas peculiaridades, as agregações com que cada operação contribui (ou não), bem como o tempo em que o produto permanece em cada uma delas. A teoria orienta a realização do mapeamento da seguinte maneira:

- A primeira etapa: uma vez definido o valor e identificada toda a cadeia de valor, é focalizar o objeto real – o projeto específico, o pedido específico e o próprio produto (uma viagem, uma casa, uma bicicleta) – e jamais deixar que esse objeto se perca do início à conclusão.
- A segunda etapa: que possibilita a primeira, é ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções (frequentemente organizadas em departamentos) e empresas para criar uma empresa enxuta, eliminando todos os obstáculos ao fluxo contínuo do produto ou à família específica de produtos.
- A terceira etapa: é repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas, com o objetivo de eliminar os refluxos, sucata e paralisações de todos os tipos a fim de que o projeto, a missão de pedidos e a fabricação do produto específico possam prosseguir continuamente (WOMACK; JONES, 1998).

Além da proposta de “focalizar o objeto real”, existem também algumas simbologias que facilitam a identificação do fluxo. Na Figura 1, segue a simbologia apresentada por Shingo (1996).

Dentre outros objetivos, a metodologia *Lean* busca igualdade entre tempo de ciclo e *takt*. Tempo de ciclo é definido como o tempo máximo permitido em cada estação de trabalho para a realização das tarefas, antes do deslocamento do trabalho para a estação seguinte. O tempo de ciclo também estabelece a velocidade de produção de uma linha (STEVENSON, 2001). *Takt* é conceituado como o tempo de produção disponível dividido pelo índice da demanda do cliente. Por

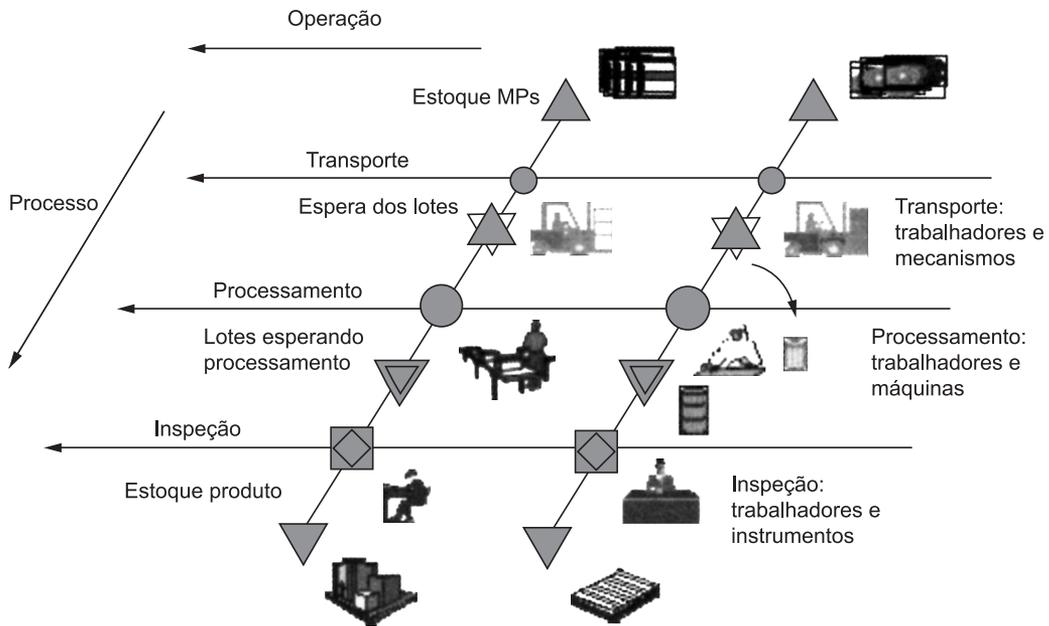


Figura 1. Estrutura da produção. Fonte: Shingo (1996).

exemplo, se o cliente demanda 240 peças por dia e a fábrica opera 480 minutos por dia, o tempo *takt* será de 2 minutos; se o cliente quiser que sejam projetados dois novos produtos por mês, o tempo *takt* será de duas semanas. O tempo *takt* define o ritmo de produção de acordo com o índice de demanda do cliente, tornando-se a pulsação de qualquer sistema enxuto (WOMACK; JONES, 1998).

Lead time é o tempo que se leva para entregar um serviço ou produto uma vez disparado o pedido (GEORGE, 2004). Também pode ser definido como o tempo necessário para seu ressurgimento. Se um item é comprado, o *lead time* refere-se ao tempo decorrido desde a colocação do pedido de compra até o recebimento do material comprado. Em se tratando de um item fabricado, o *lead time* refere-se ao tempo decorrido desde a liberação de uma ordem de produção até que o item fabricado esteja pronto e disponível para uso (CORRÊA; GIANESI, 1993). Quanto menor o *lead time* mais rápido ocorrerá a conclusão dos produtos e, conseqüentemente, os prazos de entrega melhoram. Além disso, um *lead time* reduzido implica a diminuição de estoques intermediários e em seus custos provenientes. Processos longos causam desperdícios, atrasos e acúmulo de estoques. Processos fisicamente reconfigurados para reduzir a distância percorrida e a cooperação entre a equipe podem ajudar a enxugar o fluxo. Da mesma forma, assegurar a visibilidade do fluxo ajuda a fazer melhorias para facilitar o fluxo (SLACK et al., 2008).

2.1.1 TOC-Theory of constraints

A TOC – teoria das restrições – sugere uma abordagem diferente para o controle dos recursos.

Sua ênfase refere-se à metodologia de planejamento e controle da produção denominada Tambor-Pulmão-Corda (TPC), do inglês *Drum-Buffer-Rope* (DBR).

A maneira TPC de programar a produção parte do pressuposto de que existem apenas alguns poucos recursos com restrição de capacidade (RRCs) que irão impor o índice de produção da fábrica inteira (Tambor). Para garantir que a produção do RRC não seja interrompida por falta de peça, cria-se na frente dele um inventário que o protegerá contra as principais interrupções que possam ocorrer dentro de um intervalo predeterminado de tempo (Pulmão de Tempo). Com o objetivo de impedir que haja um aumento desnecessário nos níveis de estoque em processo, o material é liberado para a fábrica no mesmo ritmo com que o recurso restritivo o consome (Corda), mas com uma defasagem no tempo equivalente ao pulmão de tempo estabelecido (UMBLE; SRIKANTH, 2001 apud SOUZA, 2005).

Gargalo pode ser compreendido como o recurso mais lento, ou seja, o que apresenta maior morosidade dentro do fluxo. Mas não basta somente ser o mais lento, deve também possuir uma demanda maior ou igual à sua capacidade para ser considerado gargalo. Ou seja, se a demanda do mercado reflete numa utilização de 200 horas por mês e a disponibilidade de um determinado equipamento também é de 200 horas, pode-se considerá-lo um recurso gargalo (CORRÊA; GIANESI, 1993).

As restrições, por sua vez, são operações que, em função de alguns imprevistos, podem também tornarem-se gargalos. Se um equipamento, por exemplo, possui demanda de mercado de 150 horas, porém tem uma disponibilidade de 200 horas, pode-se

considerá-lo recurso não gargalo. Porém, caso tenha dificuldade em manter essa disponibilidade total, pode ser considerado uma restrição (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Em algumas situações, pode não haver gargalos reais numa fábrica, todos os centros produtivos estão superdimensionados em relação à demanda, mas sempre haverá algum recurso que restrinja a produção. Este, então, será o RRC, apesar de não ser um gargalo real (CORRÊA; GIANESI, 1993). A abordagem com base nos gargalos de produção é comumente conhecida como OPT – *Optimized Production Technology* (Tecnologia da Produção Otimizada), que segue os princípios desenvolvidos por Eliyahu Goldratt (1997).

Segundo a ótica do OPT, há importantes distinções a fazer entre ativar um recurso e utilizar um recurso. Ativar um recurso não gargalo mais do que o suficiente para alimentar um recurso gargalo limitante não contribui em nada com os objetivos definidos pelo OPT. Ao contrário, o fluxo se manteria constante, ainda limitado pelo recurso gargalo, e, ao mesmo tempo, o estoque estaria se elevando e também as despesas operacionais, com a administração deste estoque gerado (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Ou seja, para se obter um resultado efetivo em um processo, deve-se trabalhar na melhora de recursos gargalos, visto ser eles que limitam o fluxo. Investimentos em recursos não gargalos não trazem retornos positivos à empresa.

2.1.2 IROG-Índice de Rendimento Operacional Global

Este índice indica a eficiência do equipamento durante o tempo de operação disponível. Seu cálculo pode ser efetuado por meio da Equação 1:

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{T} \quad (1)$$

Em que:

μ_{global} = índice de rendimento operacional global;

tp_i = tempo de ciclo de um produto i

q_i = quantidade produzida do produto i

T = tempo total disponível para produção

Ele leva em consideração fatores como produção dos equipamentos, sua disponibilidade e tempo de ciclo da operação. Dados como quantidade de refugos, acompanhamento de paradas do equipamento (manutenções e *setups*), bem como outras análises mais aprofundadas também podem ser realizadas por meio do cálculo do IROG, se necessário. De acordo com Antunes (2008), o IROG não deve ser calculado da mesma forma para todos os postos de trabalho, uma vez que o tempo disponível T , a ser considerado na fórmula, depende do posto de trabalho ser ou não um recurso restritivo no fluxo de produção. O cálculo do IROG é feito considerando:

a) Se o posto de trabalho é um recurso crítico gargalo: Neste caso, o indicador IROG é denominado de TEEP-Produtividade Efetiva Total do Equipamento (*Total Effective Equipment Productivity*). O tempo T considerado na Equação é o tempo total – no caso dos recursos críticos gargalo, 24 horas/dia ou 1.440 minutos/dia. Isto se explica pelo fato de que, sendo o posto de trabalho um gargalo, todo o tempo disponível deve ser utilizado na produção. Este índice indica o tempo que pode ser ganho para produzir e corresponde à produtividade real do sistema produtivo no gargalo.

b) Se o posto de trabalho é um recurso crítico não gargalo: Neste caso, o indicador IROG é denominado de OEE-Índice de Eficiência Global (*Overall Equipment Efficiency*). O tempo T considerado na equação é o tempo disponível, obtido pela diferença entre o tempo total e o tempo das paradas programadas. Por não se tratar de um posto de trabalho gargalo, é possível programar certas paradas como pausas para almoço, ginástica laboral, etc., uma vez que a não paralisação deste equipamento geraria estoques intermediários antes do gargalo (ANTUNES, 2008).

2.2 Identificação de perdas

Uma perda pode ser definida como qualquer atividade que não agrega valor (SLACK et al., 2008). Dentro dessa filosofia, pode-se compreender perda não só como o desperdício ou quebra como é comumente conhecida nas indústrias, mas como atividades que não participam ativamente da construção do produto. Dentre essas atividades, podem-se encontrar inspeções, movimentações, paradas em geral, etc. Para uma empresa ser eficiente, é necessário buscar a minimização destas perdas.

Segue a classificação de várias perdas encontradas no processo.

1-Perdas por fluxo irregular: Quando o fluxo não ocorre de maneira contínua devido a barreiras existentes (tempos de espera, transporte, ineficiências do processo, estoque, perdas por movimentações).

2-Perdas por suprimento inexacto: Decorrem do mau planejamento da quantidade e do momento de consumo dos insumos. As barreiras são superprodução ou subprodução, entrega antecipada ou atrasada e, novamente, estoques.

3-Perdas por resposta inflexível: São consequentes da falta de flexibilidade do processo. Algumas sintonias de flexibilidade inadequadas são: lotes grandes, atrasos entre as atividades, variações no *mix* de atividades maiores do que as variações na demanda do cliente.

4-Perdas por variabilidade: Variações no processo que afetam o nível de qualidade do produto. Podem ser incluídos nesse contexto a confiabilidade deficiente do equipamento e os produtos ou serviços defeituosos (SLACK et al., 2008).

3 Estudo de caso

Para a realização deste trabalho, foi necessário utilizar como metodologia o estudo de caso (YIN, 2010), visto que se torna primordial o acompanhamento do processo produtivo por meio da medição dos tempos e observação das operações.

A empresa estudada é o segundo maior fabricante mundial de componentes eletrônicos passivos, com mais de 40.000 produtos diferentes. Desenvolve e produz, em sua grande maioria, capacitores eletrolíticos de alumínio, capacitores de filme plástico metalizado e outros capacitores dentro de padrões de alta qualidade. A empresa possui uma unidade no Brasil, a qual é considerada centro mundial de competência, tendo grande parte de sua produção voltada à exportação, e também detém a liderança no mercado brasileiro. Os componentes eletrônicos passivos são encontrados em todos os produtos elétricos e eletrônicos: desde os setores automotivo e industrial até a eletrônica de consumo, passando pelos segmentos de informações e comunicações.

A área especificamente analisada fabrica os tipos especiais, conhecidos como *elefantinos* e *soldering stars*, que possuem alta demanda em função da resistência às altas vibrações. Foram assim nomeados em função do seu *design*. O produto *elefantino*, como pode ser observado na Figura 2, assemelha-se a um elefante, pois o terminal positivo é dobrado em forma de tromba e possui, como conexão negativa, dois terminais em forma de patas.

Já o *soldering star*, conforme Figura 3, possui como conexão negativa um terminal em forma de estrela. Ambos os terminais (patas e estrelas) são soldados ao capacitor. O *design* dos terminais juntamente com o processo de solda permite uma melhor fixação do capacitor na placa do cliente, o que não acontece com componentes comuns, os quais não resistem a altas vibrações.

A fabricação dos tipos especiais iniciou com volumes muito pequenos. Em 2002, esta linha de produção foi estrategicamente transferida para o Brasil e, por volta de 2007, a linha dos especiais teve aumento considerável na demanda. Em função disso, muitos equipamentos e processos tiveram que ser desenvolvidos em um curto período e internamente, visto que o mercado tinha que ser atendido e não havia *know-how* disponível sobre o desenvolvimento desses processos.

O que difere os capacitores especiais dos demais são justamente as características que os identificam como *elefantino* e *soldering star*, ou seja, a fixação dos terminais em forma de patas e estrelas. É nessa operação em que há maior dificuldade, pois os requisitos dos clientes são muito rigorosos e o processo é extremamente sensível e manual, tornando-se complexo em função da dependência do operador, tanto em termos de qualidade quanto de agilidade do processo.



Figura 2. Produto Elefantino.



Figura 3. Produto *soldering star*.

A coleta dos dados foi realizada basicamente por meio de acompanhamento. Para a conclusão do mapeamento do fluxo produtivo, foi necessário levantamento realizado por três ocasiões, em horários diversos, por meio de acompanhamento pessoal. Durante os acompanhamentos, não houve diferença no fluxo de produção, tornando-se menos complexa essa etapa do trabalho. É relevante citar o fato de que as pessoas que participavam do fluxo produtivo variavam conforme o horário de avaliação. Existem três turnos de produção por dia e, em cada um, uma equipe diferente de colaboradores. Os turnos diários de produção são:

- Primeiro turno: 6h00-14h20;
- Segundo turno: 14h18-22h33;
- Terceiro turno: 22h30-6h02.

Optou-se, com o intuito de colher as variações do processo, contemplar os três diferentes turnos de produção. A medição dos tempos de ciclos foi desenvolvida com a ajuda de um cronômetro digital. Como se trata de operações semiautomáticas, o ciclo pode variar a cada operador, porém, para minimizar esses efeitos, foi coletado por nove vezes o ciclo de cada operação, sendo três vezes em cada turno.

Para levar em consideração a fadiga, registraram-se os ciclos no início, meio e fim de cada turno. Após, efetuou-se a média aritmética nos valores encontrados

e definiu-se o tempo de ciclo de cada operação. Na Tabela 1, podem ser verificados os dados observados.

Para a análise dos dados, levou-se em consideração tanto o material coletado quanto a literatura. O levantamento de registros de produção, encontrados nos documentos da empresa (cartas de acompanhamento do processo), também foi necessário para a realização do cálculo médio de produção e, consequentemente, da avaliação da eficiência. Foram realizados cálculos oriundos de dados coletados por um período de um ano (outubro/2008 a setembro/2009). Levantou-se um total de 924 registros de produção, com média aritmética resultando em 3.500 peças e desvio padrão de 306,97 peças. Para o levantamento das informações dos equipamentos, foram pesquisados, também nas cartas de acompanhamento do processo, dados provenientes de paradas bem como de problemas de qualidade registrados desses recursos.

3.1 Mapeamento do fluxo produtivo

Em decorrência da semelhança entre os processos de fabricação dos dois produtos fabricados neste mesmo setor, também para delimitar o escopo da pesquisa, optou-se por realizar o mapeamento somente no processo de fabricação do *soldering star*. O mapeamento do processo do fluxo de fabricação pode ser observado na seção 3.5. Todas as operações provenientes do processo dos tipos especiais bem como demais informações pertinentes foram contempladas.

Além do mapeamento, é importante visualizar a quantidade de operadores do processo e as funções de cada um. Essa informação pode ser visualizada na Tabela 2 que apresenta também os tempos de ciclo

e de atravessamento, dados indispensáveis para a análise dos dados.

3.2 Tempo de ciclos, atravessamento e lead time

Pelos tempos de ciclos, é possível calcular a capacidade de produção que, posteriormente, será a informação necessária ao cálculo de eficiência das operações. O tempo de atravessamento, por sua vez, contribui à mensuração do *lead time*. Individualmente, o tempo de atravessamento representa o *lead time* da área em análise, porém, acrescentado às demais etapas do processo, complementa o que será chamado de *lead time* do produto. Verifica-se uma diferença significativa de capacidade em alguns equipamentos. A embalagem final, por exemplo, possui, aproximadamente, quatro vezes mais capacidade do que o pré-corte.

Com relação ao *lead time*, optou-se por mensurá-lo pelo mapeamento. Os pedidos de clientes relacionados a tipos especiais estavam com atraso na confirmação em torno de 60 dias, ou seja, ocorrendo a solicitação de um produto, a logística poderia programá-lo para iniciar na produção somente após dois meses. Iniciando a produção, agrega-se ao *lead time* o tempo de fabricação também. Antes do processo dos especiais, o capacitor axial passa por diversas outras operações que não foram listadas em decorrência de não fazerem parte do escopo desta pesquisa. Essas operações, por sua vez, demandam de 96 horas até a chegada no processo dos especiais. Ou seja, até a confirmação dos pedidos o *lead time* é de 1.440 horas e 96 horas de processamento em outras etapas, resultando em um total de 1.536 horas. De acordo com a Tabela 3, o tempo de atravessamento para 200 peças, no

Tabela 1. Dados observados nas medições das operações.

Operação manual	Medições (horas)									Tempo de ciclo médio (1 peça)
	6h10	9h30	13h30	14h30	18h00	21h30	22h45	1h45	5h00	
Pré-corte da calota e do terminal (segundos)	6,19	6,20	6,22	6,18	6,2	6,21	6,19	6,21	6,22	6,20
Lavagem das peças para solda (minutos)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Solda da estrela (segundos)	6,46	6,49	6,49	6,44	6,45	6,49	6,45	6,47	6,49	6,47
Inspeção com gabarito coaxial (segundos)	2,22	2,22	2,21	2,23	2,22	2,20	2,22	2,23	2,23	2,22
Inspeção de tração (segundos)	4,12	4,14	4,12	4,12	4,13	4,13	4,15	4,12	4,14	4,13
Inspeção visual e retirada de limalhas (segundos)	13,74	13,74	13,76	13,74	13,75	13,76	13,75	13,75	13,76	13,75
Corte final (segundos)	3,77	3,79	3,81	3,77	3,77	3,78	3,77	3,77	3,79	3,78
Gabarito <i>rastermass</i> (segundos)	2,89	2,9	3,1	2,88	2,97	3,11	2,96	3,11	3,13	3,00
Embalagem final (segundos)	1,41	1,49	1,5	1,4	1,5	1,57	1,48	1,55	1,6	1,50

Tabela 2. Dados de capacidade.

Operação manual	Tempo de ciclo (1 peça) (segundos)	Atravessamento de uma caixa (200 peças) (segundos)	Operador responsável	Capacidade técnica por turno (7 horas = 25.200 segundos)
Pré-corte da calota e terminais	6,20	1.260	A	$25.200/6,2 = 4.064$ peças
Lavagem	1.200,00	1.200	A	20.000 peças (depende do tamanho do lote)
Solda da estrela	6,47	1.260	B, C	$(25.200/6,47) \times 2 = 7.790$ peças Obs.: 2 equipamentos de solda
Inspeção com gabarito coaxial	2,22	420	D	$25.200/2,22 = 11.351$ peças
Inspeção de tração	4,13	840	D	$25.200/4,13 = 6.102$ peças
Inspeção visual, retirada de limalhas	13,75	2.760	E, F	$(28.800/13,75) \times 2 = 4.189$ peças – com revezamento de pausas* $(25.200/13,75) \times 2 = 3.665$ peças – sem revezamento de pausas*
Corte final	3,78	780	G	$25.200/3,78 = 6.667$ peças
Gabarito	3,00	780	G	$25.200/3 = 8.400$ peças
Embalagem final	1,50	300	G	$25.200/1,5 = 16.800$ peças
Total	1.241,05	9.600	7 operadores	

*Obs.: Multiplica-se por 2 por ser a quantidade de operadores que trabalham nesta operação

processo dos especiais, é de 160 minutos (2,7 horas). Somando todos esses tempos, tem-se um *lead time* de 64,11 dias. Ou seja, o cliente deve realizar o pedido no mínimo 65 dias antes da sua necessidade para que não ocorram paradas em seu processo por falta de matéria-prima. Os valores mensurados de *lead time* podem ser visualizados na Tabela 3.

3.3 Identificação dos gargalos e restrições

Observou-se como recurso gargalo a operação de retirada de limalhas, pois esta é a atividade de menor capacidade produtiva, conforme pode ser verificado na Tabela 2. Ou seja, mesmo que as demais operações apresentem maior eficiência, dificilmente irá resultar em um número mais elevado na entrega, pois a atividade gargalo acaba ditando o ritmo de saída das peças. Pelo contrário, a melhora na eficiência em operações que não sejam gargalos, apenas faria com que as perdas aumentassem, porque incorrem custos provenientes do aumento de estoque de semiprontos na fábrica.

A etapa de retirada de limalhas é plenamente manual. São operadores que por meio de um instrumento chamado limalhador (espátula pontiaguda) têm como tarefa quebrar e remover o excesso de solda das peças. O que dificulta essa atividade é a alta incidência dessa falha, pois aproximadamente 80% de toda a produção necessita desse tipo de retrabalho. As limalhas são geradas na etapa de solda, quando é realizada a fusão entre a matéria-prima (estrela)

Tabela 3. *Lead times* mensurados.

Área	<i>Lead time</i>
Atraso na confirmação de pedidos	1.440 horas
Preparação do capacitor até chegada na área dos especiais	96 horas
Especiais	2,7 horas
Total (<i>Lead time</i> do produto)	1.538,7 horas (64,11 dias)

com o rebordeado do capacitor. Isto é, a operação de retirada de limalhas é meramente uma etapa de retrabalho e inspeção, não agrega valor ao produto e ainda restringe a capacidade de todo o processo. Ela existe apenas para sanar a deficiência da operação de solda.

A aplicação de *kaizen* para melhoria da etapa de solda, envolvendo desde procedimentos operacionais até pesquisa com os fornecedores de matéria-prima (estrela), seria muito relevante, pois teria como objetivo reduzir e até mesmo eliminar as variações desse equipamento, o que, por sua vez, melhoraria o recurso gargalo e permitiria uma elevação na saída de peças do processo.

Já o RRC é a segunda operação com menor capacidade produtiva, perdendo apenas para o recurso gargalo. Conforme a Tabela 2, a operação que pode ser definida com RRC é o pré-corte da calota e terminais, quando a capacidade pode chegar a no máximo 4.064 peças por turno, considerando parada de

60 minutos (pausa do operador). Se a atividade gargalo não parar no horário de pausa, o RRC não conseguirá abastecer o processo de forma que não haja paradas referentes à falta de peças. Ou seja, neste ponto é necessário que exista, antes do gargalo, o que é chamado no TOC de pulmão para que pequenas interferências no processo não prejudiquem a eficiência do gargalo.

De acordo com a literatura, paradas no gargalo e no RRC devem ser acompanhadas e sanadas ou reduzidas. Na empresa em análise, não existe essa sistemática até mesmo porque não se tem conhecimento da identificação destes recursos. A parada por falta de operadores (pausas, abastecimento de máquina entre outros deslocamentos) poderia ser resolvida com o revezamento da operação gargalo e do RRC. Como existem operações ociosas (e, conseqüentemente, operadores ociosos também), as atividades gargalo e RRC poderiam ser revezadas sem a necessidade de aumento no quadro funcional.

Já para paradas que envolvem *setup*, seria importante um trabalho focado em cima de troca rápida de ferramentas, reduzindo o tempo de preparação do equipamento. Para manutenções corretivas, poderia ser criado um cronograma de manutenção preventiva,

com o intuito de evitar paradas imprevistas e também geração de problemas de qualidade que possam comprometer tanto a entrega das peças quanto sua confiabilidade. Para melhor compreender essas necessidades, criou-se o Quadro 1, que apresenta características dos equipamentos que compõem o processo de fabricação dos especiais.

Por sua vez, as informações de disponibilidade dos equipamentos, bem como o tempo médio de paradas, também foram levantados e estão presentes no Quadro 2.

3.4 Mensurando a eficiência das operações

A partir dos dados levantados, foi possível calcular o IROG das operações, o que pode ser visto na Tabela 4. A fórmula utilizada para a realização dos cálculos está descrita no referencial teórico deste trabalho. Cabe ressaltar que para o cálculo do IROG foi necessário verificar a quantidade média de produção por turno. Tal informação foi extraída das planilhas de controle de produção de outubro de 2008 a setembro de 2009.

A Tabela 4 apresenta a eficiência das operações, identificando como etapa de maior eficiência a inspeção

Quadro 1. Características dos equipamentos.

Operação	Tipo de operação	Quantidade de equipamentos	Tempo médio de <i>setup</i>	Problemas de qualidade/características críticas do produto na operação
Pré-corte	Semiautomática	1	20 minutos	Cortar terminal fora do tamanho especificado
Lavagem	Semiautomática	1	-	Problemas de soldabilidade
Solda	Semiautomática	2	10 minutos	Problemas de soldabilidade e excesso de limalhas
Corte final	Semiautomática	1	10 minutos	Cortar terminal fora do tamanho especificado

Quadro 2. Dados de disponibilidade dos equipamentos das operações de transformação.

Operação	Problemas relativos à manutenção do equipamento	Tempo disponível por dia (7*3*60)	Tempo médio de paradas por dia
Pré-corte	Navalhas gastas geram rebarbas na calota do produto	1.260 minutos	60 minutos
Lavagem	Água suja não garante a limpeza do produto	1.260 minutos	-
Solda	Base suja gera marcas no produto; potência baixa ou alta gera problemas na solda e excesso de limalhas	1.260 minutos	60 minutos
Corte final	Falha no acionamento da máquina pode gerar o não corte dos terminais	1.260 minutos	30 minutos

O gargalo e o RRC podem ser visualizados na seção 3.5.

Tabela 4. Eficiência das operações.

Operação	Capacidade total por turno	IROG
Pré-corte	4.064 peças	$3.500/4.064 = 86\%$
Lavagem	20.000 peças (depende do tamanho do lote)	Varia de acordo com o lote
Solda	7.790 peças	$3.500/7.790 = 45\%$
Inspeção com gabarito coaxial	11.351 peças	$3.500/11.351 = 31\%$
Inspeção de tração	6.102 peças	$3.500/6.102 = 57\%$
Inspeção e retirada de limalhas	3.665 peças	$3.500/3.665 = 95\%$
Corte final	6.667 peças	$3.500/6.667 = 52\%$
Gabarito	8.400 peças	$3.500/8.400 = 42\%$
Embalagem final	16.800 peças	$3.500/16.800 = 21\%$

Quantidade média de unidades concluídas por turno: 3.500 peças

e retirada de limalhas. Verificou-se ociosidade em algumas etapas bem como limitações em outras. Já era esperado que o gargalo fosse a etapa com maior eficiência, visto que ela dita a saída de peças. Porém, além da confirmação desta expectativa, também se pôde observar que existem operações com muita ociosidade, o que, por sua vez, gerava perdas desnecessárias para a empresa, bem como atrito entre os colaboradores, visto que uns trabalhavam com uma carga de trabalho maior do que outros. O gráfico da Figura 4 foi elaborado para ilustrar e facilitar a comparação de eficiência entre operações.

Para resolução dessas ineficiências, sugeriu-se o balanceamento do fluxo, bem como a multifuncionalidade do grupo operacional. Além disso, focando a otimização do RRC e do gargalo, obteve-se um incremento de aproximadamente 20%, pois a produção atual aumentaria de 3.500 para 4.189 peças por turno. Para isso seria necessário apenas revezar as paradas existentes nessas operações.

3.5 Identificação das perdas

Para identificar perdas no processo, foi necessário, primeiramente, distinguir as operações do processo em dois tópicos:

- Operações que agregam valor: operações que fazem algum tipo de transformação ou agregação ao produto.
- Operações que não agregam valor: todas as operações do processo que não agregam nenhuma característica nova ao produto. Durante o mapeamento do fluxo de produção, foram medidos os tempos dessas atividades. Na Tabela 5, pelo compilamento desses tempos, pode ser verificado um índice relevante de atividades que não agregam valor ao produto (84,5%), enquanto que as atividades que agregam valor totalizam apenas 15,5% de todo o tempo despendido.

A identificação da operação no fluxo foi elencada de acordo com o mapeamento do fluxo de produção que pode ser observado na Figura 5.

É importante salientar que a operação 7, mesmo sendo uma etapa de processamento, apenas prepara o capacitor para a solda, ou seja, não realiza nenhum tipo de transformação no produto. Tão importante quanto quantificar é qualificar os tipos de desperdícios. É a partir da qualificação das perdas que é possível verificar a real ineficiência, bem como optar pela melhor forma de saná-la. O Quadro 3 abrange a classificação dos

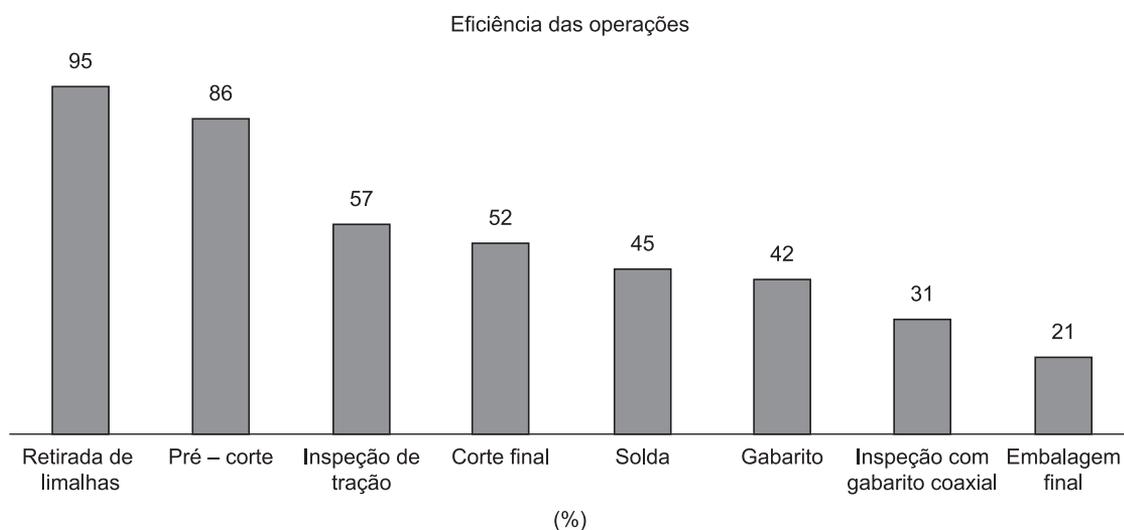


Figura 4. Eficiência das operações.

Quadro 3. Classificação das perdas inerentes ao processo.

Perdas	Descrição
Por transporte	Deslocamento entre o processo de pré-corte e o processo de lavagem Deslocamento do processo de solda para a etapa de inspeção de tração
Por processamento	Tempo do processo de lavagem (prepara para a solda, mas não transforma o produto)
Por produto defeituoso	Etapa de inspeção visual e retirada de limalhas Etapa de inspeção de tração Etapa de inspeção com gabarito coaxial
Por estoque	Estoque antes da etapa de inspeção visual e retirada de limalhas
Por espera	Espera na etapa 21 pelas peças que estão na etapa 20

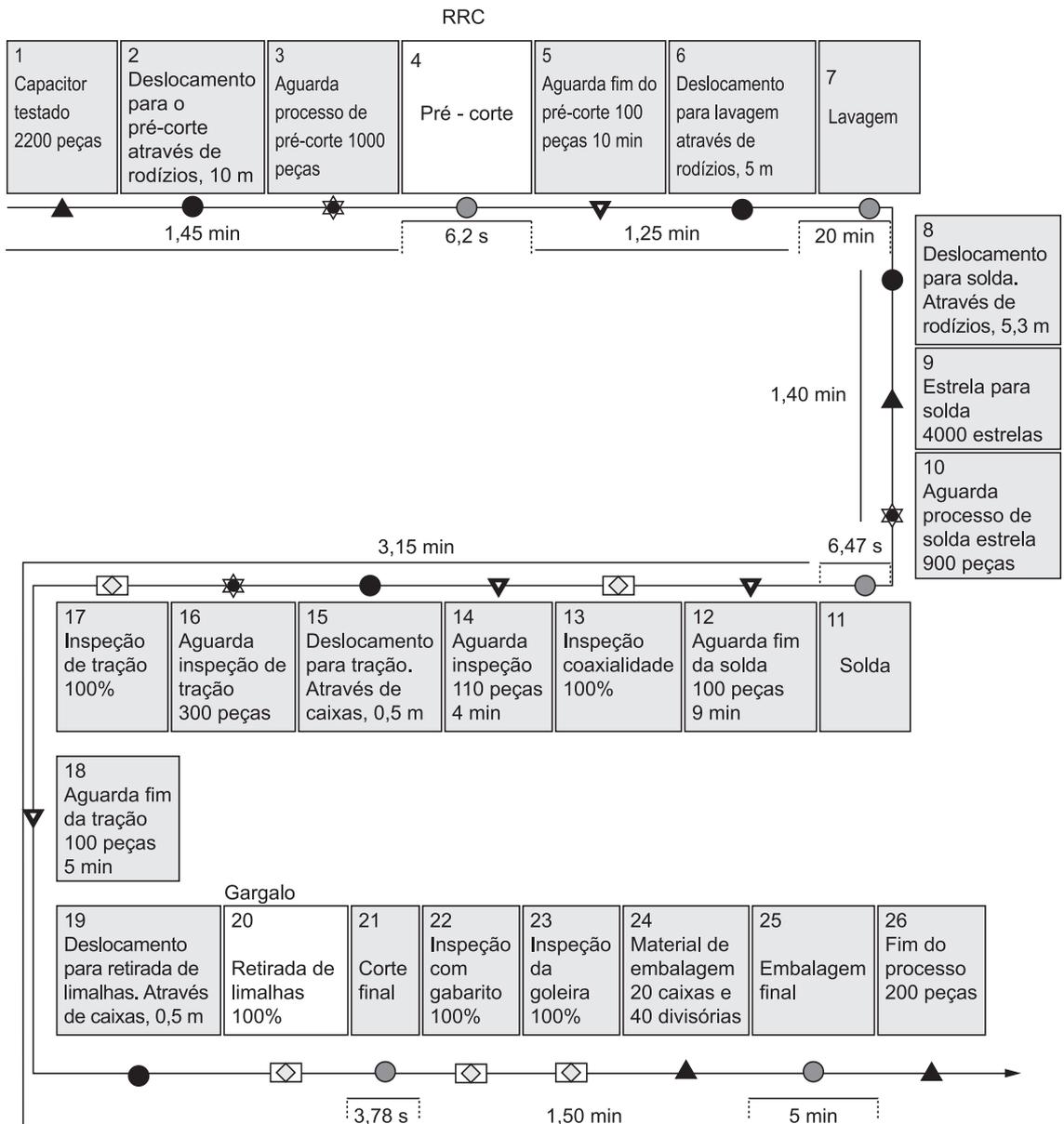


Figura 5. Mapeamento do fluxo de produção. Fonte: dados da pesquisa.

tipos de perdas inerentes ao processo. Observa-se que existem oito tarefas que representam perdas, as quais são classificadas em cinco tipos distintos: transporte, processamento, produto defeituoso, estoque e espera.

O gráfico da Figura 6 apresenta o impacto que cada tipo de perda oferece.

A classificação que mais apresentou perdas foi a por produto defeituoso, na qual as inspeções (visual, tração e gabarito coaxial) representam a necessidade de reparar o processo de forma corretiva. Slack et al. (2008) classificam esse tipo de perda como proveniente de variabilidade no processo. Se houvesse um processo garantido e de acordo com as especificações, não haveria necessidade destas operações. Aqui se reforça mais uma vez a importância de atuar na etapa de solda, a qual é

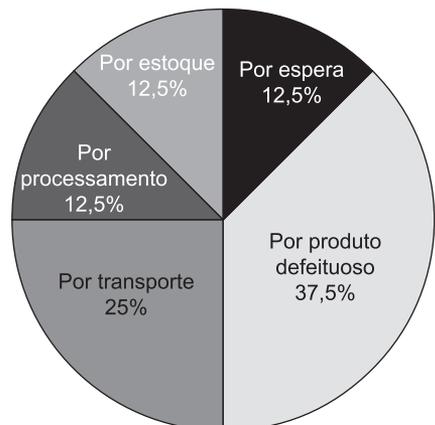


Figura 6. Análise das perdas.

responsável pela geração de toda a perda proveniente de produtos defeituosos (variabilidade do processo). Outras atividades que também representaram perda significativa no processo foram as por transporte. Geralmente esse tipo de perda pode ser minimizada com o estudo do *layout* do local. Perdas por processamento, por estoque e por espera também foram registradas. O balanceamento do fluxo poderia reduzi-las e, até mesmo, eliminá-las. As perdas citadas são definidas como provenientes de irregularidades no fluxo, o que reforça ainda mais o argumento de que somente o balanceamento do fluxo já auxiliaria no aumento da eficiência. Para facilitar a visualização das perdas, foi acrescentada ao mapeamento, a simbologia proposta na seção 2.1, quanto aos elementos do fluxo. A partir dessas premissas elaborou-se a Figura 5.

3.6 Potencial de melhoria

Durante cada tema desenvolvido foram sendo propostas as melhorias que viriam beneficiar o

Tabela 5. Tempo de agregação e não agregação de valor.

Operação no fluxo	Agrega valor	Não agrega valor
1, 2 e 3		87 segundos
4	6,20 segundos	
5 e 6		75 segundos
7		1.200 segundos
8, 9,10		84 segundos
11	6,47 segundos	
12 até 20		189 segundos
21	3,78 segundos	
22, 23, 24		90 segundos
25	300,00 segundos	
Total	316,45 segundos 15,5%	1.725 segundos 84,5%

andamento das atividades e, conseqüentemente, melhorar a eficiência. O Quadro 4 apresenta as melhorias propostas, deixando-as mais objetivas e específicas com a utilização da ferramenta 5W2H. Cabe ressaltar que os dados referentes à coluna que seria *When* não estão presentes, pois dependem da decisão da empresa. As colunas relacionadas a *Where* e *How* também não se fazem necessárias em função de já estarem presentes nas colunas *What* e *Why*.

4 Considerações finais

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, pôde ser observado que existem muitos pontos falhos durante o processo, os quais não estão condizentes com a eliminação de *muda* e a geração de valor, conforme foca a metodologia enxuta. Observa-se excesso nas etapas de retrabalho e inspeção (84,5%), enquanto que as operações que transformam o capacitor são mínimas (15,5%). A variabilidade do processo de solda é a principal causadora das falhas, pois 37,5% das atividades que não agregam valor são decorrentes da ineficiência deste equipamento (ver Figura 6).

Verifica-se também que a média de entrega de peças por turno fica um pouco abaixo da capacidade gargalo, o que comprova que esta operação, além de ditar o ritmo do processo, está sendo subutilizada. Reforça-se, nesse ponto, a importância de otimização do gargalo e do RRC, pois resultaria em um aumento na produção de, aproximadamente, 20%, pois a produção média sairia de 3.500 para 4.189 peças por turno, a qual é a capacidade produtiva do gargalo.

Outra observação importante refere-se à ociosidade de algumas atividades, enquanto que outras acabam sendo sobrecarregadas, o que remete à necessidade de balanceamento entre elas. É importante salientar que o balanceamento deve levar em consideração a necessidade de pulmões para que o gargalo não seja

Quadro 4. Plano de ação.

<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Who</i>	<i>How much</i>
Realizar <i>taguchi</i> na etapa de solda	Reduzir índice de limalhas	Engenharia de produto	Sem investimento
Realizar <i>Kaizen</i> na etapa de solda	Reduzir perdas por inspeções posteriores	Engenharia de processo	Sem investimento
Realizar balanceamento do processo	Ocupar de forma equilibrada todos os operadores, reduzir perdas por estoques	Supervisão de produção	Sem investimento
Agrupar as operações de corte final e inspeção	Apesar de não ser gargalo e RRC, é uma ação fácil de ser implementada e liberará um operador para auxiliar nas demais atividades	Engenharia de processo	Sem investimento
Revezar posições de trabalho	Gerar multifuncionalidade e redução da fadiga	Supervisão da produção	Sem investimento
Criar cronograma de manutenção preventiva	Evitar parada dos equipamentos de forma imprevista	Técnico de processo	Sem investimento
Implementar troca rápida de ferramentas	Reduzir tempo de manutenções e <i>setup</i>	Técnico de processo	R\$ 2.000,00
Melhorar operação e capacidade produtiva do RRC	Prevenir interrupções que possam prejudicar o gargalo	Engenharia de processo	R\$ 20.000,00

afetado. O *Lean Manufacturing* seria o mais apropriado para a resolução dos problemas encontrados, bem como no aumento de eficiência deste setor. Durante o desenvolvimento da pesquisa, foram propostas muitas ações que levam a esse pensamento, tais como balanceamento do processo, redução de perdas e melhoria contínua. A atuação no recurso gargalo, bem como no RRC, também é crucial, visto que estes ditam o ritmo do processo e são os responsáveis pelas perdas por espera.

Como recomendação para aprofundamento deste estudo, cabe indicar o *kaizen*, focando a etapa de solda, com o intuito de diminuir movimentos, mas, principalmente, reduzir problemas de qualidade provenientes das atividades excessivamente manuais. É relevante também expandir o mapeamento para toda a cadeia de valor, incluindo outras empresas pertencentes ao fluxo, principalmente fornecedoras de matéria-prima que podem melhorar a qualidade dos insumos fornecidos bem como agilizar a sua entrega. A criação de empresas enxutas exige realmente uma nova forma de pensar sobre o relacionamento entre as empresas, alguns princípios simples para ajustar o comportamento entre as empresas e transparência quanto a todos os passos dados ao longo do fluxo de valor, para que cada participante possa verificar se as outras empresas estão se comportando de acordo com os princípios especificados (WOMACK; JONES, 1998).

A pesquisa realçou a importância de conhecer os processos em profundidade, pois, a partir desse conhecimento, é possível mensurar e controlar, uma das atividades principais da gestão. Além do mais, observou-se que um bom diagnóstico reflete em ações eficazes e, na maioria das vezes, de baixo custo, conforme verificado neste trabalho que levantou um custo total de R\$ 22.000,00 para implementação das ações. Por fim, a partir deste estudo, a empresa poderá alavancar resultados positivos referentes à eficiência no setor dos especiais.

Agradecimentos

As autoras agradecem o apoio da CAPES e do CNPq e à empresa que permitiu o desenvolvimento deste trabalho. Agradecimentos adicionais aos *referees* anônimos por seus valiosos comentários que contribuíram para o aprimoramento da qualidade do artigo.

Referências

ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream

mapping via simulation: a process sector case study. **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 1, p. 223-236, 2007.

ANTUNES, J. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2004.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT**: um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas, 1993.

GEORGE, M. L. **Lean Seis Sigma para serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

GOLDRATT, E. M. **A meta**: um processo de aprimoramento contínuo. São Paulo: Educator, 1997.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 princípios do Lean Thinking**. Lean Institute Brasil, 1998. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: maio 2010.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração**: da revolução urbana à revolução digital. São Paulo: Atlas, 2006.

MOTTA, F. C. P.; VASCONCELOS, I. F. F. G. **Teoria geral da administração**. São Paulo: Thomson; Cengage Learning, 2006.

PATTANAIK, L. N.; SHARMA, B. P. Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 42, n. 7-8, p. 772-779, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-008-1629-8>

RIVERA, L.; CHEN, F. F. Measuring the impact of Lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 23, n. 6, p. 684-689, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.013>

SALGADO, E. G. et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão e Produção**, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009.

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

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N. et al. **Gerenciamento de operações e de processos**: princípios e práticas de impacto estratégico. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SOUZA, F. B. Do OPT à teoria das restrições: avanços e mitos. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, p. 184-197, 2005.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

VELLANI, C. L.; RIBEIRO, M. S. Sistema contábil para gestão da ecoeficiência empresarial. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 20, n. 49, p. 25-43, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R.K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2010.