

Redução de Custos sob a ótica da Manufatura Enxuta em empresa de autopeças

Vanessa Simões Vieira (USCS) - vanessavieira@mmcb.com.br

Ana Cristina de Faria (USCS) - anacfaria@uol.com.br

Resumo:

O objetivo deste artigo é investigar, por meio de estudo de caso, a perda nas operações com movimentações, em uma célula de trabalho, que não agregam valor, bem como buscar alternativas para minimizar essas perdas por meio de ferramentas para alcançar reduções de custos. Desenvolveu-se a pesquisa em empresa de autopeças, de acordo com a metodologia de World Class Manufacturing de Yamashina (2000), focando na redução de perdas, desperdícios e, conseqüentemente custos. Utilizou-se o método kaizen, as ferramentas da qualidade 5W1H, os 5S's, Diagrama de Causa e Efeito, Ciclo PDCA e a Matriz de perdas. Houve a mudança no layout, além de mudança de processo, máquinas, transporte, entrega e gestão dos materiais. Com isso, a produtividade aumentou, o tempo ciclo diminuiu, foram diminuídos dois operários por turno, reduzindo o custo com mão-de-obra direta. Houve benefícios econômico-financeiros de R\$ 50.634,00, além de proporcionar o balanceamento da linha; o aumento produtividade; a redução de atividades que não agregam valor (transporte e movimentação), a motivação dos operadores por meio das sugestões de melhorias e a organização e limpeza do posto de trabalho. O custo total do projeto foi de R\$ R\$ 6.359,00, obtendo-se uma economia total (saving) de R\$ 44.275,00. Com as melhorias e redução de perdas e desperdícios, a empresa pode diminuir seu preço de venda, tornando-se mais competitiva no mercado, além de melhorar a qualidade dos produtos e as condições de seus funcionários, diminuir o tempo de entrega e cumprindo com os prazos negociados com os clientes.

Palavras-chave: *Desperdícios; Kaizen; Manufatura Enxuta; Perdas; Produtividade*

Área temática: *Abordagens contemporâneas de custos*

Redução de Custos sob a ótica da Manufatura Enxuta em empresa de autopeças

Resumo

O objetivo deste artigo é investigar, por meio de estudo de caso, a perda nas operações com movimentações, em uma célula de trabalho, que não agregam valor, bem como buscar alternativas para minimizar essas perdas por meio de ferramentas para alcançar reduções de custos. Desenvolveu-se a pesquisa em empresa de autopeças, de acordo com a metodologia de *World Class Manufacturing* de Yamashina (2000), focando na redução de perdas, desperdícios e, conseqüentemente custos. Utilizou-se o método *kaizen*, as ferramentas da qualidade 5W1H, os 5S's, Diagrama de Causa e Efeito, Ciclo PDCA e a Matriz de perdas. Houve a mudança no *layout*, além de mudança de processo, máquinas, transporte, entrega e gestão dos materiais. Com isso, a produtividade aumentou, o tempo ciclo diminuiu, foram diminuídos dois operários por turno, reduzindo o custo com mão-de-obra direta. Houve benefícios econômico-financeiros de R\$ 50.634,00, além de proporcionar o balanceamento da linha; o aumento produtividade; a redução de atividades que não agregam valor (transporte e movimentação), a motivação dos operadores por meio das sugestões de melhorias e a organização e limpeza do posto de trabalho. O custo total do projeto foi de R\$ R\$ 6.359,00, obtendo-se uma economia total (*saving*) de R\$ 44.275,00. Com as melhorias e redução de perdas e desperdícios, a empresa pode diminuir seu preço de venda, tornando-se mais competitiva no mercado, além de melhorar a qualidade dos produtos e as condições de seus funcionários, diminuir o tempo de entrega e cumprindo com os prazos negociados com os clientes.

Palavras-chave: Desperdícios; *Kaizen*; Manufatura Enxuta; Perdas; Produtividade.

Área temática: 7. Abordagens contemporâneas de custos

1 Introdução

Com clientes cada vez mais exigentes no que se refere à inovação, à entrega, à qualidade, aos prazos e, principalmente, aos preços dos produtos e serviços, as empresas precisam ter flexibilidade em sua produção e buscar, continuamente, o aumento da produtividade, eficiência e melhoria contínua de seus produtos e serviços, em meio a um mercado cada dia mais competitivo, em meio à concorrência.

Existem perdas que são inerentes ao processo produtivo. Quanto maior são essas perdas, menos eficiente é o processo analisado. É fundamental que as atividades do processo produtivo que não agregam valor ao produto sejam sistematicamente reduzidas e as perdas eliminadas (BORNIA, 1995). Conforme Shingo (1996b), a função processo consiste de processamento, inspeção, transporte e estocagem; porém, apenas o processamento agrega valor. Isso todos sabem bem na Toyota Motor Company, onde a meta é a redução de custo por meio da eliminação das perdas, especialmente a perda por superprodução. A inspeção, o transporte e, especialmente, a estocagem, ou a prática de manter estoque, podem ser considerados desperdícios, se mal administrados, e eliminados sempre que isso for possível.

Os desperdícios nos movimentos correspondem às ações consideradas inúteis ao processo e que são realizadas em linhas fabricação e máquinas. Diante disso, os gestores devem delegar ao operador o máximo de atividades relativas ao produto, eliminando todo e qualquer movimento desnecessário. A maioria dos processos apresenta 90 % de perdas e 10% de trabalho com agregação de valor (LIKER, 2006).

Quando o aumento da oferta de produtos supera o crescimento da demanda, a competição entre as empresas intensifica-se e o preço de venda dos produtos sofre redução contínua. Com preços de venda mais baixos, para não diminuir sua margem de lucro, as empresas são forçadas a buscar a redução de custos (BORNIA, 1995).

Shingo (1996a) afirma que a redução de custos só é possível por meio da eliminação de perdas – ineficiências e desperdícios. Para Monden (1999), a otimização do arranjo físico possibilita a eliminação de inúmeras perdas devido à movimentação e transporte de materiais, estimula o trabalho em equipe e facilita a resposta no que tange à qualidade, resultando em melhores índices de qualidade e produtividade. Diante desse contexto, o problema que norteia esta pesquisa é:

Como reduzir os custos de mão-de-obra direta em uma empresa de autopeças e tornar a produtividade mais enxuta?

Para responder a esta questão, o objetivo deste trabalho é investigar, por meio de estudo de caso, a perda nas operações com movimentações, em uma célula de trabalho, que não agregam valor, bem como buscar alternativas para minimizar essas perdas por meio de ferramentas para alcançar reduções de custos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) teve início na década de 1950, no Japão, mais especificamente na montadora Toyota; por isso também é conhecida como Sistema Toyota de Produção. De acordo com Womack; Jones; Ross (2004), o Sistema Toyota de Produção surgiu quando Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da referida empresa, perceberam que a manufatura em massa não funcionaria no Japão, então adotaram uma nova abordagem para a produção, com o objetivo de eliminação de desperdícios. Para isso, utilizavam produção em pequenos lotes, redução de *setup*, redução de estoques, alto foco na qualidade e outras alternativas.

O foco da Manufatura Enxuta é a eliminação de perdas e desperdícios em processos produtivos, por meio da melhoria contínua dos processos e foco nos clientes. Com tais princípios, essa filosofia vem demonstrando ser uma poderosa ferramenta estratégica. Rother e Shook (1999) definem que Manufatura Enxuta é o conjunto das melhores práticas que cruzam as fronteiras departamentais com o objetivo de eliminar desperdício e criar valor. Conforme Ahlström e Karlsson (1996), a Manufatura Enxuta consiste na demonstração dos seguintes princípios: Eliminação de desperdícios; Melhoria Contínua; Zero Defeitos/*Just in Time*-JIT; Mudança do sistema *Push* para *Pull*; Equipes Multifuncionais e Responsabilidades Descentralizadas com Funções Integradas e Sistemas de Informações Horizontais e Verticais.

Na visão de Shah e Ward (2003), o ponto fundamental dessa filosofia é a criação de um sistema de alta qualidade que fabrica produtos no ritmo em que o cliente deseja sem desperdícios. Tem sido aplicada em várias empresas industriais, com o objetivo de torná-las mais lucrativas. Para isso, cada pessoa da organização tem papel chave durante o processo de melhoria (SHINGO, 1996a). Este autor afirma que o Sistema Toyota de Produção (TPS) apresenta as seguintes características principais: (i) a minimização de custos por meio da eliminação total de desperdícios como princípio fundamental para a sobrevivência da empresa; (ii) a produção contrapedido, por meio da eliminação da superprodução e da redução dos tamanhos dos lotes, como a melhor forma de atender à demanda; (iii) o método Kanban para controlar o processo e alcançar flexibilidade; (iv) a utilização de máquinas independentes de trabalhadores para reduzir o custo de mão-de-obra e (v) a queda de crenças comumente aceitas por meio da investigação das origens da produção convencional.

Conforme Solomon e Fullerton (2007), a *World Class Manufacturing* é, em síntese, a busca da excelência pela aplicação das metodologias e ferramentas fundamentadas na Manufatura Enxuta, que por sua vez é baseada no TPS. As características principais do TPS citadas por Shingo (1996a) podem ser mais bem compreendidas pela descrição dos pilares e princípios básicos do sistema. Shingo (1996a; 1996b) diferencia processos de operações da seguinte forma: Processo é o fluxo de material no tempo e no espaço; diz respeito aos estágios da matéria-prima até o produto acabado, no fluxo de um trabalhador para o outro, e Operação refere-se ao fluxo do trabalho realizado para efetivar as transformações do material; é o estágio em que um trabalhador ou uma máquina executa um trabalho sobre os materiais e pode lidar com diferentes produtos. A Figura 1, a seguir, apresenta a estrutura da produção em rede proposta por Shingo, com os processos ocorrendo na direção vertical e as operações ocorrendo na direção horizontal:

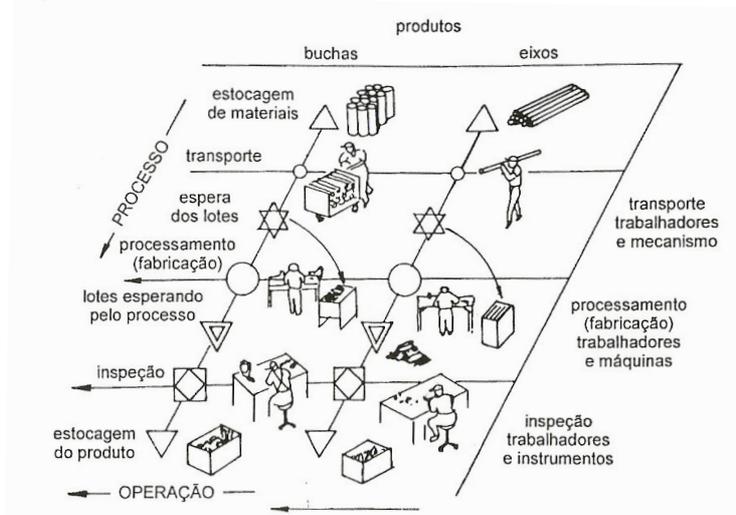


Figura 1: A estrutura da produção
Fonte: Shingo (1996a, p. 38)

O processo de planejamento de *layout*, baseado na Manufatura Enxuta, tem como vantagem direta a redução dos custos de produção, por meio da eliminação de perdas. Com a estratégia de Manufatura Enxuta, procurou-se ouvir as pessoas e utilizou-se o conhecimento delas no processo a ser repensado para refletir as melhorias (DRUCKER, 1992, p. 111).

2.2 Perdas e Desperdícios

Para Brinson (1996, p.80), perdas e desperdícios são constituídas pelas atividades que não agregam valor e que resultam em gastos de tempo, dinheiro, recursos sem lucro, além de adicionarem custos desnecessários aos produtos. Atividades que não agregam valor (NVAA) são as que podem ser eliminadas sem que haja deterioração no desempenho da empresa (custo, funcionalidade, qualidade e valor agregado). Nesta mesma linha, Nakagawa (1993, p.19) atribui como desperdício todas as formas de custos que não adicionam qualquer valor ao produto, sob a ótica do consumidor. Desperdício, no entender de Robles Jr. (2003, p.17), é a perda a que a sociedade é submetida devido ao uso de recursos escassos. Esses recursos escassos vão desde material, mão-de-obra e energia perdidos, até a perda de horas de treinamento e aprendizado que a empresa e a sociedade perdem, devido, por exemplo, a um acidente de trabalho. Conforme Liker (2006, p. 47), a Toyota identificou sete grandes perdas sem agregação de valor em processos administrativos ou de produção, os quais estão descritos a seguir:

Superprodução – Liker (2006, p. 47) comenta que envolve a produção de itens para os quais não há demanda, o que gera perda com excesso e de estoque e com os custos de transporte devido ao estoque excessivo - ocorre quando a empresa produz em quantidade maior que a necessária ou antecipadamente (antes do momento necessário). Dessa forma, gera-se excesso de inventário (SHINGO, 1996a). Na visão de Ohno (1997), a perda por superprodução é a mais crítica, pois esconde outros desperdícios. Bornia (1995) afirma que para eliminar este tipo de perda é necessário promover melhorias nos processos, de modo a conseguir um fluxo contínuo de materiais e redução nos tempos de preparação de equipamentos, visando a permitir a produção de lotes menores.

Espera (tempo sem trabalho) – Conforme Liker (2006, p. 47) são os funcionários que servem apenas para vigiar uma máquina automática ou que ficam, esperando pelo próximo passo no processamento, ferramenta, suprimento e peças. As esperas podem ser necessárias ou desnecessárias à estabilização de um processo e podem ser causadas por capacidade excedente ou pela programação de produção (SHINGO, 1996b). Para minimizar as esperas nos processos, é necessário reduzir tempos de preparação de máquinas, balancear a produção e melhorar a confiabilidade do sistema para reduzir falhas não previstas (BORNIA, 1995).

Transporte ou movimentação desnecessária – Segundo Liker (2006, p. 47) é o movimento de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro e fora do estoque e entre processos. A redução da perda com transporte depende da reorganização do espaço físico da fábrica. Deve-se buscar minimizar ou eliminar necessidades de movimentação de materiais através de modificações no *layout*. Quando esgotadas as possibilidades de melhoria do processo, a atenção pode voltar-se para a melhoria das operações, como aplicação de esteiras rolantes, braços mecânicos etc. (BORNIA, 1995; SHINGO, 1996a; 1996b).

Superprocessamento ou processamento incorreto - é o processamento ineficiente devido a uma ferramenta ou ao projeto de baixa qualidade do produto, causando movimento desnecessário e produzindo defeitos (LIKER, 2006, p. 47). Para localizar este tipo de perda, Shingo (1996a, p. 41) propõe que sejam feitos os seguintes questionamentos: “Como este produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e, ao mesmo tempo, reduzir custos?” e “Como a fabricação deste produto pode ser melhorada?”.

Na visão de Shingo (1996a), o primeiro estágio na melhoria de processo é a Engenharia de Valor, ou seja, a tentativa de redesenhar o produto mantendo a qualidade e a funcionalidade, mas reduzindo custos. O segundo estágio é a busca pela melhoria da fabricação do produto por meio da avaliação e seleção de tecnologias, ferramentas e procedimentos de fabricação, Bornia (1995).

Excesso de Estoque – Conforme Liker (2006, p. 48) é o excesso do inventário de matéria-prima, de estoque em processo ou de produtos acabados, causando *lead times* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e de armazenagem e atrasos. O estoque extraordinário pode ocultar problemas, como desbalanceamento de produção, entregas atrasadas de fornecedores, defeitos, equipamentos em conserto e longo tempo de *setup* (preparação). O Sistema Toyota de Produção considera os estoques como a origem de todos os problemas (SHINGO 1996b). Ohno (1997) afirma que o estoque em excesso é o maior desperdício de todos, já que determina a necessidade de muitos recursos como, por exemplo, um depósito, pessoas para realizar a manutenção, equipamentos de movimentação etc. O estoque em excesso causa falta de informações, dificulta a manutenção e a armazenagem (SHINGO, 1996b). Além disso, o estoque gera custos financeiros para sua manutenção, custos pela obsolescência dos produtos e custos de oportunidade de mercado em relação à concorrência que tiver menor *lead time* (BORNIA, 1995).

Movimentos Desnecessários – Segundo Liker (2006, p. 48) é qualquer movimento inútil que os funcionários têm que fazer durante o trabalho, tais como procurar, pegar ou empilhar peças, ferramentas, caminhar etc. Os desperdícios nos movimentos correspondem às ações consideradas inúteis ao processo e que são realizadas em linhas fabricação e máquinas.

Defeitos – é a produção de peças defeituosas ou correção. Consertar ou re-trabalhar, descartar ou substituir a produção e inspecionar significam perdas de manuseio, tempo e esforço. Bornia (1995) considera que a minimização desta perda depende da confiabilidade do processo e da rápida detecção e solução de problemas. Shingo (1996a) afirma que esta perda pode ser eliminada por meio da inspeção para prevenir defeitos, e observa que as inspeções devem ser feitas, de modo que, quando defeitos ocorrem, medidas sejam tomadas para impedir a recorrência. Por outro lado, a inspeção realizada no final, que distingue produtos defeituosos de não-defeituosos, não tem efeito na redução das não-conformidades (SHINGO, 1996a).

Desperdício da criatividade dos funcionários – Segundo Liker (2006, p. 48), é a perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir os seus funcionários. Conforme este autor, os termos japoneses que tratam sobre perdas são: a) Muda – nenhuma agregação de valor - Inclui os oito tipos de perdas mencionados anteriormente e contempla atividades supérfluas que aumentam *lead times*, causam movimentos extras para obter ferramentas ou peças, criam excesso de inventários / estoques ou resultam em alguma forma de espera; b) Muri - sobrecarga de pessoas ou de equipamentos - Significa colocar uma máquina ou uma pessoa, além de seus limites naturais, que pode resultar em problemas de segurança e qualidade e de equipamentos causando interrupções e defeitos; c) Mura - desnivelamento da produção - significa que será necessário ter a mão o equipamento, os materiais e as pessoas para o mais alto nível de produção, mesmo se as exigências normais forem muito menores. Para minimizar ou eliminar as perdas, uma ferramenta que pode ser utilizada é o Custeio *Kaizen*.

2.3 Custeio *Kaizen*

Custeio *Kaizen* é o processo de melhoramento contínuo aplicado na redução de custos durante a fabricação no ciclo de vida de um produto. De acordo com Cogan (1999), este custeio apresenta diversas características em comum: a) o foco é informar e motivar a redução do custo do processo, não o de obter custos de produtos mais apurados; b) a responsabilidade pela redução dos custos é do time, não uma responsabilidade individual, e c) os times de trabalho são responsáveis pela geração de idéias que visam a alcançar metas de redução de custos; tendo, inclusive, autoridade para fazer investimentos de pequena escala, desde que os mesmos terão retorno na correspondente redução de custos.

No contexto empresarial, o Custeio *Kaizen* envolve manter os níveis correntes de custo para os produtos e trabalhar sistematicamente para reduzir os custos aos valores desejados (MONDEN, 1999). Tem como objetivo o constante melhoramento do processo crítico, de tal forma que os custos possam ser continuamente reduzidos nas linhas de produtos que são maduras, altamente sensíveis a preço, e não receptivas à inovação do produto (COGAN, 1999). De acordo com Sakurai (1997), o Custeio *Kaizen* envolve atividade de redução de custos para cada produto e atividades de redução do custo de cada período, que podem contemplar as reduções de perdas e desperdícios.

2.4 Cinco Porquês – 5W1H

Diante da ocorrência de um problema, o Sistema Toyota de Produção sugere a utilização de um método que consiste em questionar cinco vezes “por que” e uma vez “como”. Na visão de Shingo (1996a), as causas dos problemas são encontradas quando se pergunta “por que” cinco vezes ou mais, respondendo as questões do método 5W1H: “quem”

(sujeito da produção), “o quê” (objetos da produção), “onde” (espaço), “quando” (tempo), “por que” (a causa para cada uma das perguntas acima) e “como” (métodos). Esta sistemática pode e deve ser utilizada na análise do processo, ou seja, as perguntas devem ser realizadas em cada etapa do processo (processamento, inspeção, transporte e espera).

2.5 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Ishikawa, foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa na Universidade de Tokyo em 1943 (SLACK *et al.*, 2007). É um método de identificação de causas de perdas. Para cada problema (efeito) é possível estabelecer diferentes categorias principais de causas, porém as mais comuns são conhecidas como 6M: Mão-de-Obra (ou pessoas), Materiais (ou componentes), Máquinas (ou equipamentos); Métodos; Meio Ambiente e Medição.

2.6 PDCA

PDCA é uma sigla em inglês: *Plan, Do, Check e Act*, em bom português: Planejar, Fazer, Monitorar/Verificar e Agir. Conforme França e Freitas (1998, p. 99), o Ciclo PDCA representa a forma prática de concatenar as ações que levam a conquista da qualidade. E trabalhado em quatro quadrantes, conforme a seguir: Planejamento (*Plan*) - Toda ação deve ser planejada de maneira participativa; Execução (*Do*) - Executar as tarefas como foram vistas no plano e fazer a coleta de dados para verificação; Verificação (*Check*) - A partir dos dados coletados junto aos clientes, comparar esses dados com o exigido no plano, e Ações corretivas (*Action*) - As ações corretivas são conduzidas quando algum problema é localizado durante a fase de verificação. Na sequencia, serão tratados os aspectos metodológicos.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Devido ao assunto ser relativamente recente e estar em fase de estruturação e sistematização de conhecimentos, nesta pesquisa de caráter exploratório, optou-se em analisar apenas um caso, atentando-se para um estudo minucioso e aprofundado. Martins (2006, p.11) comenta que o estudo de caso, como estratégia de pesquisa, irá orientar na “busca de explicações e interpretações convincentes para situações que envolvam fenômenos sociais complexos, e a construção de uma teoria explicativa do caso, que possibilite condições para se fazerem inferências analíticas sobre proposições constatadas no estudo e outros conhecimentos encontrados”.

Na opinião de Yin (2005, p.32), para justificar a escolha de um estudo de caso único, existem alguns fundamentos básicos, e este método é viável, já que esta pesquisa gera revelações de ordem científica, com pouca literatura existente. Os procedimentos de coleta de dados iniciaram-se em março de 2011 e duraram até meados de junho de 2011. Nesse período, foram feitas observação direta e participante, análise documental e entrevistas com os gestores da área produtiva. Como limitação da pesquisa, pode-se considerar que o estudo de caso único desenvolvido neste trabalho, apesar da profundidade do estudo, tal como comenta Yin (2005), pode impossibilitar a generalização dos resultados, pois o estudo não reflete o que ocorre em todas as indústrias.

4. ESTUDO DE CASO

Neste trabalho foi investigado como a metodologia da Manufatura Enxuta é aplicada em uma célula produtiva de empresa de autopeças, multinacional italiana, que fabrica sistemas e componentes para veículos automotores. A empresa não autorizou a divulgação de seu nome, e por isso será chamada de Empresa XPTO. Com 50 mil empregados diretos e faturamento anual em torno de R\$ 24 bilhões, necessita de redução em seu preço de venda,

devido à pressão das empresas concorrentes chinesas, que estão atuando e dominando o mercado.

Hajime Yamashina (2000) propôs uma metodologia de *World Class Manufacturing* (WCM) para a identificação e priorização de perdas que foi aplicada pela Empresa XPTO. Essa metodologia gera mudanças que facilitam a vida dos colaboradores e melhoram os resultados da empresa, bem como reúne as melhores práticas da produção industrial, visando à eliminação de desperdícios de qualquer espécie (de energia, de materiais e de esforço humano envolvido), melhorando a qualidade e reduzindo custo de transformação e prazo de entrega. Os resultados são maior flexibilidade produtiva, maior segurança, ergonomia e agilidade para o trabalhador, além de maior qualidade final dos produtos.

A metodologia de Yamashina (2000) possui 10 pilares técnicos: segurança, desdobramento de custos, atividades autônomas, logística, meio ambiente, melhoria focada, manutenção planejada, gestão preventiva de equipamentos, desenvolvimento de pessoas e qualidade. Os pilares desta metodologia envolvem: a) Segurança: melhoria do ambiente de trabalho e eliminação de condições de acidentes; b) Desdobramento de Custos (*Cost Deployment*): identificar e combater as causas de perdas e desperdícios no sistema produtivo e logístico; c) Atividades Autônomas: melhorar o clima de trabalho e facilitar as atividades, eliminando perdas e aumentando a produtividade; d) Logística: produzir um fluxo eficiente, alinhar as variáveis envolvidas no processo e reduzir o estoque e a possibilidade de danos aos produtos; e) Meio Ambiente: usar corretamente os recursos naturais e materiais disponíveis na fábrica; f) Melhoria Focada (*Focused Improvement*): atacar as perdas mais importantes do sistema produtivo, aplicar técnicas, instrumentos e métodos específicos para solucionar problemas de dificuldade crescente em relação à complexidade das causas; g) Manutenção Planejada (PM): reduzir avarias, aumentar eficiência das máquinas, reduzir custo de manutenção; h) Gestão Preventiva de Equipamentos (EEM): ter equipamentos confiáveis, de fácil manutenção, diminuir o custo de vida dos equipamentos; i) Desenvolvimento de Pessoas: tratar da essência do sucesso do Programa WCM, e j) Qualidade: assegurar produtos que garantem a máxima satisfação dos clientes.

Dentro dos pilares da WCM, estabelecem-se uma série de diretrizes como normas de padronização de produtos, de relação com fornecedores, disposição de materiais na fábrica, busca de nível zero de acidentes de trabalhos, eliminação de desperdícios, entre outras diretrizes; iniciando as atividades pelo pilar de desdobramento de custos, até chegar em qual a maior perda e como esta perda será atacada prioritariamente. Os tipos de perdas relacionadas às máquinas utilizam os parâmetros deste indicador para medir os impactos das perdas na eficiência de todo o equipamento. As perdas relacionadas às máquinas que impactam em toda a eficiência do equipamento são: por quebra do equipamento; por troca (perda causada pela parada da máquina por troca de produto/molde devido ao plano de produção); por troca de material (perda causada pela parada da máquina devido ao consumo do material); por início/fim do equipamento (período de tempo no qual a linha deve ser preparada para o início/fim de produção e, portanto não produz no nível padrão); por pequenas paradas e espera do equipamento (bloqueio dos sensores. Não são quebras, mas pequenos problemas que podem causar muitas paradas e comprometer a eficiência do equipamento); por tempo de ciclo diminuindo (considerando que o tempo de ciclo do equipamento é superior ao teórico de projeto); por equipamento inativo, planejado como parada de produção devido à falta de material na máquina (ex: falta de material direto, de mão-de-obra ou de energia elétrica); por equipamento não utilizado (por parada programada, domingos, feriados, turnos não utilizados etc.); por defeitos (considerando que o equipamento não produz peças qualitativamente aceitáveis), e por retrabalhos (re-ciclos).

As perdas relacionadas à mão-de-obra podem ser agrupadas em 5 grandes perdas: 1) Perdas de gestão; 2) Perdas nos movimentos operativos (*Operating Motion Losses*): NVAA

(Not Value Added Activities); 3) Insaturação (perdas devido à diferença entre a cadência utilizada na linha e o tempo de ciclo da operação esperado); 4) Perdas por falta de automação, e 5) Perdas de mão de obra por defeitos de qualidade (*Defect Quality Losses*). As perdas derivadas de materiais são reagrupadas em três grandes perdas: 1) Perdas na utilização de materiais diretos e de consumo (por utilização de materiais ou componentes com defeitos qualitativos, por refugo de material na entrada, por refugo de produto ou semi-pronto, por utilização superior a norma, por *start up*); 2) Perda na utilização de energia elétrica para o *start up*, sobrecarga, perdas de temperatura, perda de ar/vapor por dispersão, e 3) Perdas sobre substituição de manutenção (devido ao consumo de peças de reposição e materiais de manutenção).

No que diz respeito ao percurso de implementação, a primeira etapa consiste na formação e esclarecimento da equipe de trabalho. As atividades propostas nesta etapa são: (i) realizar reunião com funcionários envolvidos nas etapas do processo de produção e com a diretoria, e (ii) explicar a metodologia proposta pelo programa, montar a Matriz A listando quais as perdas relacionadas com mão de obra, materiais, equipamentos, as células e classificar o nível de perda qualitativamente. O *Cost Deployment* utiliza 7 passos para identificar, mensurar, atacar e avaliar o resultado com a eliminação de perdas e desperdícios no processo. A lógica do percurso de realização é a seguinte:

- **Passo 1:** A partir do custo total de transformação da fábrica e das análises da sua estrutura e composição, estabelecem-se os objetivos de redução dos custos.

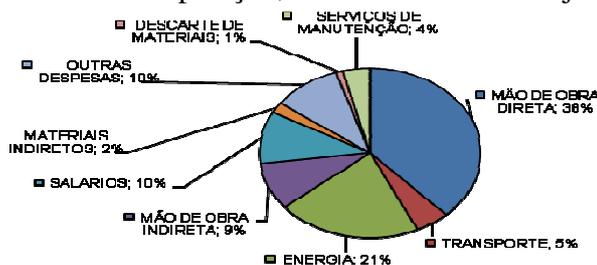


Figura 2: Custo de Transformação
Fonte: Dados da Pesquisa

O custo de transformação para processo/unidade operativa, evidenciado na Figura 2, é o custo total de produção da empresa, retirando a depreciação, os materiais diretos e os impostos. **Passo 2:** Identificam-se as perdas e os desperdícios, de modo qualitativo, alocando-os nos processos em que são incorridos (matriz A – perdas / processos).

MATRIZ A		C711	C712	C713	C714	C715	C717	C731	C735	C736	C738	C742	C759	
Tipos de Perdas	Equipamentos	Quebra de Máquinas	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	R	
		Troca Ferramental / Regulagem / Ajustes	V	G	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Set-up (programado e não programado)	V	V	V	V	G	V	V	G	V	V	V	V
		Refugo e Retrabalho	V	V	V	V	V	V	V	V	NA	V	V	NA
		Desaceleração do equipamento	G	G	G	G	R	G	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Limpeza do Equipamento	V	V	V	V	V	V	NA	V	V	V	V	V
		Parada Linha /Célula	V	R	G	G	V	G		V				
	Mão-de-obra	Perda da Qualidade		R	R	G	G		G	G	G	G	R	V
		Absenteísmo	V	V	R	R	V	V	G	G	V	R	V	V
		Operação fora fluxo processo / Extra ciclo	V	V	V	V	V	V						
		NVAA (Ativ. sem Valor Agregado)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Material Energia	Equipamento Parado	R	G	R	R	G	G	V	V	V	V	V	V
		WIP - Excesso de Estoque em Processo	V	V	V	V	G	V		V		V		V
Falta de Material - FAOA		V	V	V	V	V	V							
	Perda na utilização de Energia	R	V	G	G	G	G	V	V	V	V	V	V	

R Perdas Relevantes G Perdas Médias V Perdas Leves

importante analisar todo o processo, incluindo para cada perda causal de processo todas as perdas resultantes incorridas nos processos relacionados.

No exemplo a seguir, observa-se como uma perda causal de quebra originada em um processo pode gerar perdas resultantes nos processos seguintes. Por exemplo, parada forçada (que pode gerar os defeitos), perdas por falta de descarga, perdas por materiais indiretos e perda de energia. No processo anterior, verifica-se uma perda por espera quantificável em termos de custo de trabalho direto. Em todo o sistema, verifica-se uma perda de energia e uma perda de material direto, relacionadas aos defeitos produzidos.

- **Passo 4:** Neste passo, evidenciado pela Matriz C, a seguir, transformam-se as dimensões das perdas e dos desperdícios identificados nas causas-raiz em custos; destacando, inclusive, as atividades sem valor agregado (NVAA):

Matriz C										
Estrutura do Custo de Transformação		Material		Mão de Obra			Despesas			
		Material de Consumo Indireto (Spare Parts)	Material Auxiliar (CAP)	MOD	Horas Extras MOD	MOI Manutenção	Energia Elétrica	Servs. Logística (empilhadeiras)	Manutenção serviços	
Mão-de-obra	NVAA (Ativ. sem Valor Agregado)	C711	0	0	27.770	0	0	0	7.230	0
		C712	0	0	24.050	0	0	0	9.829	0
		C713	0	0	25.221	0	0	0	12.505	0
		C714	0	0	21.995	0	0	0	11.855	0
		C715	0	0	5.010	0	0	0	2.332	0
		C717	0	0	19.554	0	0	0	8.040	0
		C731	0	0	16.510	0	0	0	2.039	0
		C735	0	0	12.363	0	0	0	1.163	0
		C736	0	0	49.546	0	0	0	7.020	0
		C738	0	0	38.588	0	0	0	5.030	0
		C742	0	0	153.026	0	0	0	12.680	0
		C759	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5: Matriz C
Fonte: Dados da Pesquisa

A Matriz C traduz os parâmetros físicos em custos (a partir da estrutura dos custos da fábrica, coletando as tarifas dos custos da mão-de-obra – tarifa horária da mão-de-obra direta, indireta e externa, dos custos de energia – força eletromotriz, iluminação, ar, água – custos de materiais – materiais direto dos fornecedores e de outras fábricas, materiais indiretos de outros custos), tem a finalidade de identificar a perda mais crítica e onde ela está. Esta matriz produz um conjunto de dados a serem analisados por meio da estratificação, em diversos modos, para fornecer informações relacionadas ao tipo e ao valor das perdas geradas, a localização das perdas, a relação entre os custos de transformação e a estrutura dos custos das perdas.

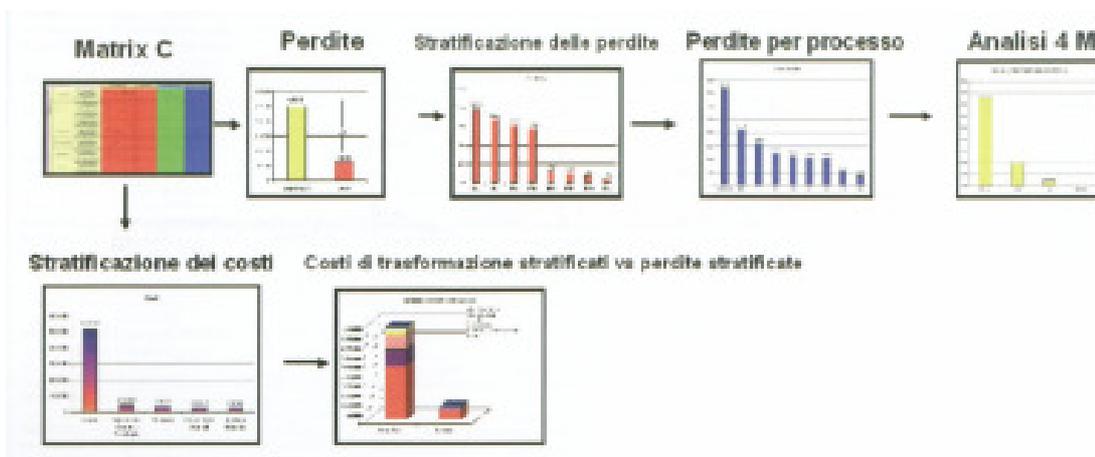


Figura 6: Estratificação - Matriz C

Fonte: Dados da Pesquisa

- Passo 5:** A estratificação é um instrumento que permite de analisar os dados disponíveis explodindo até o último nível possível por meio do Diagrama de Pareto (80% dos custos concentram-se em 20% dos itens). Selecionam-se os métodos para eliminar as causas-raiz das perdas e dos desperdícios e estabelecem-se as prioridades (Matriz D – perdas/métodos):

Matriz D		Perdas R\$. (Anual)	Benefícios KPI (Key Performance Indicator)							Atacabilidade				Prioridade			
			Produtividade (HH/TN Boa HH/Cam.equiv.)	Qualidade (% Refugo)	Absenteísmo	Manutenção (MTTR/MTBF)	E.Elétrica (KWH/Ton.Bruta)	NVAA	H.Extra	Capital Circulante W/P (Estoques em Dias)	OEE - % Horas perdidas associada ao evento (SGIP)	IMPACTO (1=Baixo / 5=Alto)	CUSTO (1=Alto / 5=Baixo)		FACILIDADE (1=Baixo / 5=Alto)	ICE (Impacto * Custo *Facilidade)	
Mão-de-obra	NVAA (Ativ. sem Valor Agregado)	C711	678.798	X					X				5	3	3	45	1
		C712	162.313	X					X				5	3	3	45	1
		C713	452.709	X					X				4	3	2	24	2
		C714	331.129	X					X				2	4	3	24	2
		C715	1.988.469	X					X				5	2	2	20	2
		C717	406.544	X					X				3	2	2	12	3
		C731	406.195	X					X				2	3	2	12	3
		C735	222.594	X					X				1	4	3	12	3
		C736	523.416	X					X				1	3	3	9	3
		C738	419.995	X					X				4	1	1	4	3
		C742	88.106	X					X				1	2	2	4	3
		C759	0	X					X				0	0	0	0	3

Figura 7: Matriz C

Fonte: Dados da Pesquisa

Na Matriz D são definidos os Indicadores-Chave de Desempenho - KPI's da fábrica, e é estabelecida a prioridade de ações corretivas para evitar as perdas por meio do método ICF que envolve avaliar o Impacto, o Custo e a Facilidade de ocorrência das perdas causais mais importantes identificadas na Matriz C. O Impacto exprime com um *ranking* de 1 a 5, o valor econômico da perda identificada. O Custo exprime com um *ranking* de um valor mínimo a um valor máximo, o valor econômico dos custos a serem sustentados para a melhoria. A Facilidade exprime com um *ranking* de 1 a 5, o nível de facilidade a ser afrontada a perda (tempos e recursos).

ICF = I x C x F exprime qualitativamente com um *ranking* de 1 a 125 o nível de atacabilidade da perda.

Passo 6: Estimam-se os custos de implementação dos projetos para a eliminação das causas e as vantagens, em termos de redução dos custos, que são derivados (Matriz E –

Custo/benefício). Na matriz E, a seguir, é feito um balanço econômico entre custo de implementação do novo método e o benefício derivado da redução das perdas, sendo possível optar por qual melhoria iniciar. As economias são, por definição, estimadas em base à estrutura de custo da fábrica, a tarifa e as condições produtivas de referência, mas requerem um processo de aprovação pela Administração. Após as melhorias escolhidas como prioridade de custo/benefício, um grupo multidisciplinar é formado para atacar a perda, utilizando o sistema *kaizen*.

MATRIZ E												
Valores em R\$ / Ano			Projetos									
Gestão de Projetos	Ano	Descrição	Viabilidade					Gestão		PDCA		
			Título	Custo de Implementação (C)	Benefício (B)	Saving (B - C)	B / C	Participação sobre meta (%)	Início do Projeto		Final do Projeto	
Mão-de-obra	NVAA (Ativ. sem Valor Agregado)	C711	419.995	Viabilização do carregamento de 100% de sucata dos	240.000	300.000	60.000	1,25	1,98%	05/08/09	17/01/10	PLAN
		C712	406.544	Projeto Inovação	480	2.900	2.420	6,04	0,08%	01/09/09	30/11/09	CHECK
		C713	88.106	Projeto Inovação	55	700	645	12,73	0,02%	01/09/09	30/11/09	CHECK
		C714	331.129	Projeto Inovação	100	3.000	2.900	30,00	0,10%	01/09/09	30/11/09	CHECK
		C715	222.594	Projeto Inovação	305	2.243	1.938	7,35	0,06%	01/09/09	30/11/09	CHECK
		C717	162.313	Projeto Inovação	18.060	129.000	110.940	7,14	3,67%	01/08/09	30/01/10	PLAN
				Saturação de mão-de-obra	479	2.998	2.519	6,25	0,08%	01/09/09	30/11/09	DO
		C731	678.798	Projeto Inovação	14.190	129.000	114.810	9,09	3,80%	01/08/09	01/09/09	ACT
				Saturação de mão-de-obra	10.814	45.555	34.741	4,21	1,15%	01/09/09	30/11/09	CHECK
		C735	523.416	Saturação de mão-de-obra	4.401	68.396	63.995	15,54	2,12%	25/06/09	25/09/09	ACT
				Dispositivo p/ Medir Altura do Flange	1.200	112.400	111.200	93,67	3,68%	01/12/10	28/02/10	ACT
		C742	1.988.469	Projeto Inovação	8.000	86.000	78.000	10,75	2,58%	30/11/09	30/03/10	PLAN
				Criação de Pallet para Embalagem	575	10.720	10.145	18,64	0,34%	01/09/09	30/11/09	CHECK
		C759	158.000	Projeto Inovação	300	5.000	4.700	16,67	0,16%	20/09/09	21/09/09	CHECK
Saturação de mão-de-obra	454.500			1.075.000	620.500	2,37	20,51%	30/11/09	30/06/10	PLAN		
C759	158.000	Projeto Inovação	80	120	40	1,50	0,00%			CHECK		

Figura 8: Matriz E
Fonte: Dados da Pesquisa

- **Passo 7:** Definem-se os planos de melhoria, coletam-se os resultados e realiza-se o monitoramento.

MATRIZ F															
Valores em R\$ / Mês				Projetos											
PERDAS CAUSAIS	Projeto	Resultados		2009				2010							
		R\$	R\$ / Ano	Set.09	Out.09	Nov.09	Dez.09	Jan.10	Fev.10	Mar.10	Abr.10	Mai.10	Jun.10	Jul.10	Ago.10
		NVAA (Ativ. sem Valor Agregado)	Projetado	42.862	514.344	23.518	47.035	70.553	94.071	117.588	150.351	189.447	228.543	274.139	319.795
	Realizado	23.518	282.212	23.518	47.035	70.553	94.071	117.588	141.106	164.624	188.141	211.659	235.177	258.694	282.212

Figura 9: Matriz F
Fonte: Dados da Pesquisa

A matriz F gerencia as melhorias com e eliminação ou redução das perdas em cada área, mensurando em termos financeiros qual será a redução no custo de transformação. Após a conclusão do passo 7, as Atividades de *Cost Deployment* devem recomeçar do passo 5, levando em consideração a Matriz A dos custos e das perdas, com a finalidade de selecionar outras perda evidenciadas, e que não foram atacadas por falta de recursos; mas que podem ser atacadas com outros projetos que podem utilizar os recursos liberados após o resultado de eficiência do ciclo de projetos encerrados.

A duração sugerida para cada projeto é de três meses, e se os projetos são complexos, requerendo um tempo superior aos 3 meses, sugere-se dividi-los em sub-projetos com objetivos intermediários, de duração menor. Uma vez concluídos os dois ciclos de execução dos projetos (aproximadamente em 6 meses), e após terem sido validados os projetos concluídos, o *Cost Deployment* deve ser repetido a partir do passo 1, visando a identificar novas perdas e desperdícios e novas relações entre as perdas que no *Cost Deployment* anterior não tinham sido evidenciadas. Realiza-se, dessa forma, um processo de refinamento na capacidade de verificar e identificar novas perdas e desperdícios.

A partir dos passos do *Cost Deployment* foi identificado na matriz que a maior perda na fábrica são as atividades que não agregam valor – NVAA. Com o estudo dos tempos de cada célula da fábrica, conseguiu-se identificar que apenas 30% das atividades de mão-de-obra direta agregam valor ao produto e 70% das atividades não agregam valor. A partir desse estudo houve um incentivo da Empresa XPTO para projetos de melhoria com redução das atividades que não agregam valor, tais como: movimentação, espera, transporte, defeitos, desorganização do posto de trabalho, conforme fluxo da peça, as máquinas, os operários e o material estavam desorganizados, causando assim atividades que não agregam valor ao produto, e não possuem um fluxo contínuo.

Após a finalização da Matriz D com a priorização de onde atacar primeiro pelo método ICF, a estratificação mostrou que a célula XY deveria ser a primeira a formar uma equipe e atacar a sua perda com mão-de-obra. Essa célula possuía três operadores por turno, a saturação de obra de 49%, área ocupada de 100 m², o fluxo da peça de 17,47m, a produção da célula de 70 peças / hora e tempo ciclo de 4,28 h/h / 100 peças.

Montou-se uma equipe multidisciplinar e realizou-se um plano de ação para melhorar a perda com espera e movimentação na célula XY. De acordo com a metodologia empregada, utilizou-se o método *kaizen*, as ferramentas da qualidade 5W1H, os 5S's, diagrama de Causa e Efeito, PDCA e a matriz de perdas para identificação de qual seria a primeira célula a ser atacada. Utilizou-se a ferramenta de 5S's para limpar e organizar o posto de trabalho, mudança de máquinas e planejou-se o novo fluxo do processo. Houve a mudança do *layout*, além de mudança de processo, máquinas, transporte e entrega e posição dos materiais. Após a mudança, foi medido, novamente, o tempo ciclo e o tempo de atividades que não agregam valor, por meio do estudo dos tempos. Conforme se observa na Figura 10, a seguir, após a mudança no *layout*, o processo torna-se contínuo:

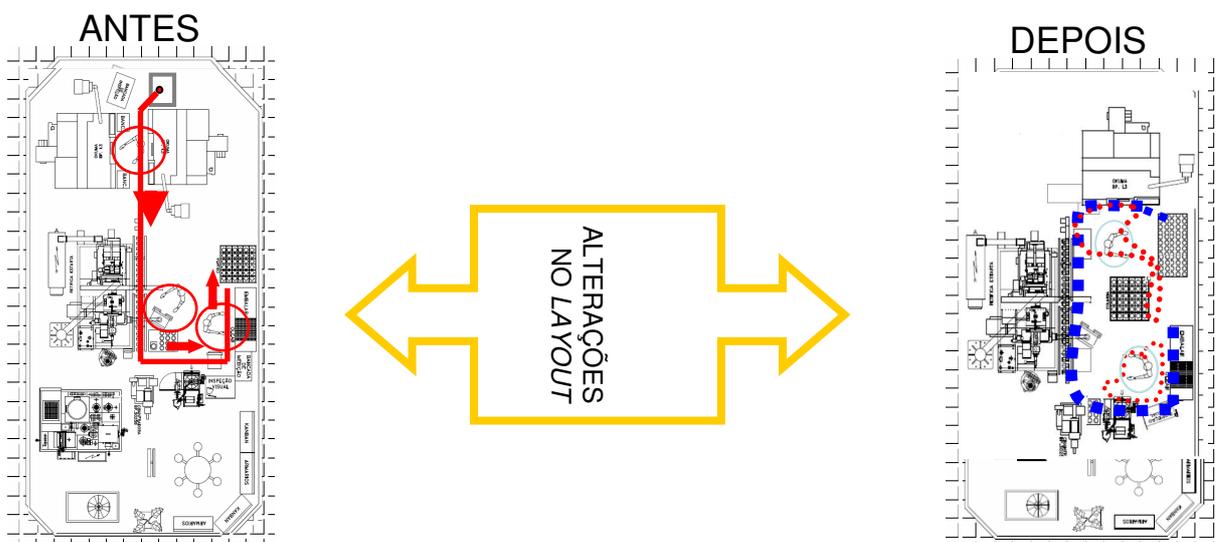


Figura 10 – Alterações no *Layout*
 Fonte: Dados da Pesquisa

Após a mudança, a célula XY passou a ter dois operadores por turno; a saturação de mão-de-obra foi para 73%; área ocupada de 95 m²; o fluxo da peça de 13,80m; a produção da célula de 70 peças / hora e tempo ciclo de 2,85 h/h / 100 peças. Concluiu-se que, após a mudança, a produtividade aumentou, o tempo ciclo diminuiu, reduziram-se dois operários por turno, ou seja, seis operários; reduzindo, assim o custo com mão-de-obra direta. A entrega de materiais tornou-se mais rápida e a célula ficou com menos movimentações e atividades que não agregam valor, assim como o transporte ficou mais rápido.

Os resultados econômico-financeiros do projeto são os seguintes: foram gerados R\$ 50.634,00 de reduções de custos, além de proporcionar o balanceamento da linha; o aumento produtividade; a redução de NVAA (transporte e movimentação), a motivação dos operadores por meio da participação nas sugestões de melhorias (Projetos *Kaizen*) e a organização e limpeza do posto de trabalho. O custo total do projeto foi de R\$ R\$ 6.359,00, devido às mudanças de máquinas e a compra de um carro pantográfico; obtendo-se uma economia total no projeto (*saving*) de R\$ 44.275,00.

Com isso, a empresa irá tornar-se mais competitiva no mercado, uma vez que as empresas concorrentes chinesas possuem um preço de venda menor, e a cada dia estão ganhando mais participação no mercado. Com as melhorias e redução de perdas e desperdícios, a empresa pode diminuir seu preço de venda, melhorar a qualidade dos produtos, melhorar as condições de seus funcionários, aumentar a segurança e diminuir o tempo de entrega, cumprindo com os prazos negociados com os clientes.

Após o estudo da metodologia de Yamashina (2000) aplicada na empresa XPTO, constatou-se que, por meio da ação de melhoria contínua em uma célula, houve redução no custo, aumento da produtividade e redução do tempo ciclo. Se adotado o mesmo método para as demais células fabris, a empresa terá o seu objetivo de redução de preços de venda alcançado.

5. CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi atingido, sendo que no Estudo de caso desenvolvido, foram analisadas as matrizes do *Cost Deployment*, inicialmente, com a mensuração do custo de transformação. Posteriormente, seguiram-se os passos com a Matriz A, em que se identificaram as principais perdas e indicaram-se as células de produção, separando as perdas resultantes das perdas causais na matriz B. Na matriz C, identificaram-se os custos das perdas no processo; a priorização de projetos por meio do método ICF que foi feito na Matriz D; na Matriz E, utilizou-se para o controle de projetos e a Matriz F foi desenvolvida para mensurar qual foi a redução no custo de transformação com os projetos de melhoria contínua.

Na Matriz D foi identificado que a célula a ser atacada primeiramente é a célula XY. Montou-se, então, uma equipe multidisciplinar para iniciar o projeto de melhorias para atacar a perda com atividades que não agregam valor, em que foram aplicadas as ferramentas de PDCA, 5W1H e Gráficos de Ishikawa para identificação da causa-raiz. Após análises, a equipe montou um novo fluxo de peças. Concluiu-se que, após a mudança de *layout* a produtividade aumentou, o tempo ciclo diminuiu, houve a redução no custo de mão-de-obra direta de um operador por turno; reduzindo assim o custo de transformação. A entrega de materiais tornou-se mais rápida e a célula ficou com menos movimentações e atividades que não agregam valor, assim como o transporte ficou mais rápido.

Após as outras mudanças, a empresa vai tornar-se mais competitiva no mercado, uma vez que as empresas concorrentes chinesas possuem um preço de venda menor, e a cada dia está ganhando mais participação no mercado. Com as melhorias e redução de perdas e desperdícios, a empresa pode diminuir seu preço de venda, melhorar a qualidade dos produtos e as condições de seus funcionários, ampliar a segurança e diminuir o tempo de entrega, cumprindo com os prazos negociados com os clientes.

Diante disso, a empresa continuará com o programa de identificação e ataque às perdas, que possua incentivos para a continuação da participação dos funcionários por meio de projetos de melhoria contínua. Sugere-se que estudos futuros apresentem uma aplicação completa dos procedimentos metodológicos propostos neste trabalho, em empresas de outros segmentos, que não apenas o automobilístico.

REFERÊNCIAS

- ÅHLSTRÖM, P.; KARLSSON, C. Change processes towards lean production: The role of the management accounting system. **International Journal of Operations & Production Management**, vol. 16. No. 11, pp. 42-56, 1996.
- BORNIA, A. C. Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno. **Tese** (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- BRINSON, J. A. **Contabilidade por atividades**: uma abordagem de custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1996.
- COGAN, S. **Custos e preços**: formação e análise. São Paulo: Pioneira, 1999.
- DRUCKER, Peter F. **Managing for the Future**. New York: Dutton, 1992.
- FRANÇA, F. F.; FREITAS, S. G. **Manual da qualidade em projetos de comunicação**. São Paulo: Pioneira Thompson, 1997.
- IMAI, M. **Kaizen**: a estratégia para o sucesso competitivo. 5. ed. São Paulo: Imam, 1994.
- LIKER, J. K. **Modelo Toyota**: os 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: 2006.
- MARTINS, G. de A. **Estudo de Caso**: Uma estratégia de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2006.
- MONDEN, Y. **Sistemas de redução de custos**: custo-alvo e custo kaizen. Porto Alegre: Bookman, 1999.
- NAKAGAWA, M. **Gestão estratégica de custos**: conceitos, sistemas e implementação. São Paulo: Atlas, 1993.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- ROBLES Jr., A. **Custos da qualidade**: uma estratégia para competição global. 2ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999
- SAKURAI, M. **Gerenciamento integrado de custos**. São Paulo: Atlas, 1997.
- SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, v. 335, p. 1-21, 2002.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996a.
- SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**: O sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996b.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2007.
- SOLOMON, J. M.; FULLERTON, R. **Accounting for World-Class Operations Fort Wayne**, Indiana: WCM Associates, 2007.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 7a. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- YAMASHINA, H. Challenge to World Class Manufacturing. **International Journal of Quality of Reliability Management**. v. 17, No. 2, pp. 132-143, 2000.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Método. 3ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.