



MELHORIA DE PROCESSO EM UM SISTEMA DE VEÍCULO GUIADO AUTOMATICAMENTE EM LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMÓVEIS COM A APLICAÇÃO EVENTO KAIZEN COM SOLUÇÃO POR SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO RFID

Rodrigo Ulisses Garbin Rocha ¹

Caio Afonso Kaviski ²

Eduardo Carvalho Tabaldi ³

Mayara Atherino Macedo ⁴

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo analisar o planejamento de um evento Kaizen aplicado no Sistema de Veículo Guiado Automaticamente, atualmente implantado em uma linha de montagem de automóveis. Com base no suporte teórico sobre os temas, este estudo realizou uma reflexão por meio de pesquisa exploratória e bibliográfica para analisar as práticas da Manufatura Enxuta, com destaque para o Kaizen como estratégia de redução de desperdícios e aplicação de melhoria contínua nos processos, que indicou melhoria por utilização do Sistema de Identificação RFID. O método utilizado é um estudo de caso em empresa do setor automobilístico. Os resultados pretendem mostrar os ganhos em eficiência e redução de custos para a empresa estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Kaizen. AGV.

¹ Doutorando do PPGEF UFSC, pesquisador na área de Redes de Empresas - eng_garbin@yahoo.com.br

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - caiokaviski@hotmail.com

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - eduardotabaldi@gmail.com

⁴ Doutoranda do PPGEF UFSC, pesquisadora na área de Redes de Empresas - m.atherinomacedo@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O mercado automobilístico tem destacada importância no cenário econômico brasileiro, envolve direta e indiretamente diversas empresas de diferentes segmentos, sendo responsável por um considerável número de empregos formais no país. A indústria automotiva responde por quase 25% do Produto Interno Bruto (PIB) do setor industrial (ANFAVEA, 2017).

Estratégias que visem à melhoria da competitividade, bem como a necessidade de atender adequadamente as necessidades de clientes, têm feito com que muitas empresas adequem seus sistemas produtivos, focando na gestão da qualidade e a melhoria contínua de produtos e processos (CALARGE; SATOLO; PEREIRA, 2009).

As indústrias, apesar da concorrência, possuem objetivos comuns: melhoria na confiabilidade dos processos, redução de custos, aumento de produtividade e elevação no nível de atendimento ao cliente (FURINI; SAURIN, 2008).

Dessa forma, torna-se necessária a utilização de ferramentas e estratégias que possam colaborar para que sejam alcançadas as metas de produção na indústria automobilística. A adequação às novas estratégias de mercado tem sido realizada através do Lean Manufacturing, que tem como origem o Sistema Toyota de Produção, modelo que serve de referência quando se trata de eficácia e competitividade, sempre abordando o combate ao desperdício e total foco no fluxo produtivo (CALARGE; SATOLO; PEREIRA, 2009).

A crescente globalização dos mercados, a abertura comercial e o aumento da competição têm levado as empresas a um novo padrão de concorrência, em que as estratégias empresariais tradicionais não são mais suficientes para garantir a sobrevivência no mercado (FRANCISCO; HATAKEYAMA, 2008).

Diante deste cenário, uma melhoria que resulte em redução de custos para a empresa, com eliminação de desperdícios, é altamente justificável. Para isto, Louzada (2004) defende que as empresas devem ter a capacidade de identificar e eliminar as perdas existentes nos processos, maximizar a utilização dos ativos e desenvolver as pessoas para garantir a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos.

O presente artigo tem como objetivo a análise da aplicação de um evento Kaizen, pela introdução de um Sistema de Identificação RFID em um Sistema de Veículo Guiado Automaticamente, atualmente implantado em uma linha de montagem de automóveis.

Segundo Silva et al. (2008), tem sido muito comum a adoção de métodos de Kaizen nas empresas a fim de introduzir os conceitos e práticas enxutas, de forma a garantir um bom planejamento, execução, acompanhamento e aprimoramento dos processos. A relevância de um estudo sobre a Filosofia Kaizen deve-se ao fato de que esta é amplamente aplicada no Sistema Toyota de Produção, que se baseia em esforços contínuos para melhoria do sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção tem por objetivo estabelecer o referencial teórico, ou seja, discutir os principais conceitos tratados no presente artigo. Para atingir tal finalidade julgou-se necessário abordar os assuntos: Veículo Guiado Automaticamente (seção 2.1) e Metodologia Kaizen (seção 2.2).

2.1 VEÍCULO GUIADO AUTOMATICAMENTE

O AGV (*Automated Guided Vehicle*) é um veículo que se movimenta de forma autônoma dispensando o auxílio de operadores ou condutores. Esta tecnologia foi desenvolvida para o transporte e transferência de materiais pela planta da fábrica e conecta diversas áreas ou

máquinas.

Os primeiros veículos guiados automaticamente foram desenvolvidos nos EUA, no início da década de 50 pela *Barret Electronics* (MÜLLER, 1983). O primeiro sistema foi instalado em 1954 na Carolina do Sul, na empresa *Mercury Motor Freight* (HAMMOND, 1987). A pioneira na Europa foi a Volvo, numa fábrica de montagem em Kalmar, em 1974. A partir deste exemplo, onde foram observados resultados positivos, diversas outras empresas europeias passaram a utilizar sistemas com veículos autoguiados (MÜLLER, 1987). Desde então o uso de AGV cresceu consideravelmente até os dias atuais, assim como o número de áreas de aplicação.

O AGV é uma das tecnologias mais interessantes para transporte de materiais nas indústrias, como carregar o material do armazém até a linha de montagem. Seu transporte é seguro e eficaz, trazendo grandes benefícios à produção e aos usuários deste sistema (ATLEE, 2011).

Segundo Kim e Tanchoco (1999), o AGV consiste em um veículo elétrico programado, guiado através de trilhos, sensores ópticos, rádio frequência ou a laser. Essa tecnologia oferece segurança e velocidade em operações ininterruptas, podendo transportar caixas, carrinhos kit ou *pallets*.

Kim e Tanchoco (1999) ainda explicam que o AGV tem locomoção autônoma, com funcionamento através de baterias, o que lhes permite operar continuamente ao longo da jornada de trabalho. Dessa forma é mais eficiente do que o sistema tradicional feito por equipamentos manuais, onde existe intervenção humana. Além disso, o sistema garante um melhor controle devido às operações serem executadas por computador, o que garante uma visão mais real do estoque e da logística da fábrica.

Um AGVS (*Automated Guided Vehicle System*) pode ser definido como um sistema autônomo e descontínuo de movimentação de materiais, particularmente flexível no que diz respeito à trajetória, à frequência das operações de transporte e à quantidade de pontos de transferência de carga (FERREIRA; PASKULIN, 1990).

Um AGVS é formado basicamente pelos AGVs e por uma rede interna de transporte que define os possíveis caminhos a serem percorridos pelos veículos. Ou seja, os componentes de um AGVS são divididos em dois níveis, (1) nível físico - AGV, Rede de transporte e Sistema de transferência de carga; (2) nível de informação - sistema de controle do veículo e sistema de controle de tráfego (ELEUTÉRIO, 1989).

A rede de transporte determina as possíveis trajetórias a serem seguidas pelos AGV e é constituída pelo sistema de orientação e pelas estações de controle do sistema. Este sistema de controle tem as funções de navegação, pilotagem, controle de direção, pois faz que o veículo mantenha o curso, e controle de bateria, que informa o estado da mesma para o computador central.

Eleutério (1989) explica que os principais sistemas de orientação do AGV podem ser os seguintes:

- Guias Indutivas: É feita uma ranhura no piso da instalação, por onde passa um condutor percorrido por uma corrente elétrica, que por sua vez induz um campo elétrico. O AGV possui na sua parte frontal bobinas de direção, onde são induzidas tensões que mantem o veículo simétrico à guia indutiva.
- Reflexão Ótica: são colocadas no piso da instalação fitas que refletem sinais óticos. No veículo existe uma fonte de luz de baixa potência que emite um fluxo de luz que é refletido pela fita e captado por sensores.
- Laser: nesta aplicação é utilizado um sensor laser fixo no AGV que se orienta através de pontos reflexivos, que são fixados em pontos estratégicos como colunas e paredes.
- Magnética: neste caso os sensores detectam faixas magnéticas no piso e é recomendável para áreas de pouco tráfego de empilhadeiras.

Segundo Hammond (1986), um dos grandes ganhos do AGV, além de produtividade e controle, é a segurança, pois este sistema tem uma velocidade contínua programada e é equipado de sensores ópticos e ultrassônicos em todos os lados, o que os faz evitar colisões com obstáculos.

O sistema de AGV é a solução ideal para aplicações de *Lean Manufacturing* que demandam a movimentação de cargas e alimentação constante das linhas de produção. A Figura 1 ilustra um AGV do tipo rebocador, utilizado para transporte de uma grande variedade de vagões sobre rodas.



Figura 1 – AGV rebocador.

Fonte: AGVs (2013).

Em resumo, os principais benefícios na utilização de veículos guiados automaticamente, de acordo com Kim e Tanchoco (1999), são:

- Redução dos custos com mão de obra;
- Maior flexibilidade no manuseamento e transporte dos materiais;
- Melhor organização da programação do processo;
- Melhor utilização do espaço disponível;
- Maior segurança dos sistemas;
- Aumento da produção;
- Controle de inventários mais eficaz;
- Melhores condições ambientais e acústicas da fábrica, uma vez que não emite ruídos ou poluentes.

2.2 METODOLOGIA KAIZEN

O Kaizen surgiu após a segunda-guerra mundial no Japão e ficou reconhecido após sua aplicação ao sistema Toyota de produção, procurando sempre a melhoria do sistema. Portanto, cabe aqui apenas uma revisão expedita.

Kaizen é um termo japonês que tem por significado kai “mudança” e zen “melhorar”, na indústria e literaturas é abordado como melhoria contínua. O Kaizen procura agregar valor a um processo e ao mesmo tempo reduzir custos, o que ocorre, de acordo com Imai (1994), pois o processo pode ser melhorado continuamente.

Como é citado por Silva et al. (2008), o método Kaizen tem sido adotado nas empresas como uma forma sistemática de introdução dos conceitos da prática da Manufatura Enxuta, garantindo um bom

planejamento, execução, acompanhamento e aprimoramento destes mesmos conceitos.

Para Imai (1994), esta metodologia possui dez princípios:

1. O desperdício deve ser eliminado;
2. Melhorias graduais devem ocorrer continuamente;
3. Todos na empresa devem estar envolvidos;
4. O aumento da produtividade deve ser feito sem altos investimentos;
5. Aplica-se a qualquer área;
6. Problemas e desperdícios devem ser vistos por todos (transparência);
7. Focalize a atenção no local onde se cria realmente o valor;
8. Oriente-se para os processos;
9. Deve ser dado prioridade ao capital humano;
10. O lema essencial da aprendizagem organizacional é: aprender fazendo.

A metodologia Kaizen procura através da combinação de várias ferramentas o aumento da produtividade, a redução do lead-time, redução do estoque, fluxo uniforme de produção, redução do tempo de setup, segurança, qualidade e padronização da produção.

Para uma organização, o Kaizen pode trazer várias vantagens, já que sua gestão é baseada em maximizar a produtividade e não gerar aumento considerável de custos. Dentre os benefícios, podem ser citados a melhoria da eficiência produtiva, diminuição dos níveis de custo de produção e o ganho da capacidade de reação positiva frente às mudanças no mercado (ROMÃO; MOURA, 2010).

Conforme Laraia, Moody e Hal (2009), existem vários tipos de atividades Kaizen, envolvendo desde as que focam no desenvolvimento de soluções para problemas que ocorrem no chão de fábrica, até a implementação de um plano predeterminado de mudanças.

O Kaizen pode ser obtido através da compreensão do ciclo PDCA, que segundo Campos (1999), é descrito por quatro etapas:

- I. Planejar (Plan): estabelecer metas para o processo e estabelecer um método para atingir estas metas;
- II. Executar (Do): executar as tarefas conforme previsto no plano e coleta de dados;
- III. Verificar (Check): comparar os resultados coletados com a meta planejada;
- IV. Atuar corretivamente (Action): analisar onde foram detectados desvios, procurando corrigi-los para que não ocorram mais.

É importante lembrar que o ciclo PDCA é verdadeiramente um ciclo e, por isso, deve girar constantemente, conforme ilustrado pela figura 2.



Figura 2 – Ciclo PDCA.

Fonte: Campos (1999).

Estas ações devem ser desenvolvidas em um período específico de tempo, o qual é denominado evento Kaizen. No evento Kaizen, primeiramente, é feita a identificação do problema, que após identificado deve ser resolvido através da utilização das ferramentas Kaizen. Quando solucionado o problema os responsáveis pela aplicação devem difundir a solução e torná-la padrão em seus processos, eliminando os métodos de trabalho ou problemas antigos.

Conforme informado em Rother e Shook (2003), existem dois níveis de Kaizen: o de fluxo e de processo, representados na figura 3. O primeiro tem foco no fluxo de valor, dirigido ao gerenciamento. O segundo enfoca os processos individuais, sendo dirigido às equipes de trabalho e líderes de equipe.

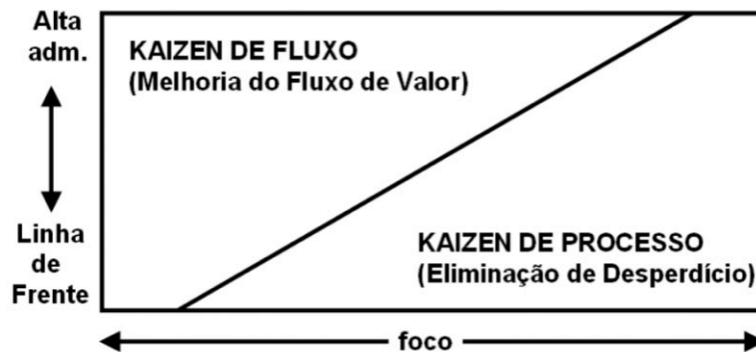


Figura 3 – Níveis do Kaizen.
Fonte: Rother e Shook (2003).

O Kaizen é baseado na ação, equipes devem ser responsáveis pelo desenvolvimento e implementação de soluções, processos novos são criados para implementação e substituição de processos antigos. Segundo Laraia, Moody e Hal (2009), os métodos preferidos para conquistar as melhorias são aqueles desenvolvidos utilizando equipamentos e ferramentas disponíveis e a técnica da eliminação de desperdícios. Deve-se procurar resultados positivos de melhoria sem gastos ou com o mínimo de investimento.

Quando se procura a redução de desperdícios utilizando a filosofia da melhoria contínua, atividades que devem ser descartadas tem de ser encontradas, conseqüentemente eliminando atividades desnecessárias, essa melhoria irá gerar resultados positivos para os custos. Todo desperdício deve ser eliminado e não deve retornar.

De acordo com Laraia, Moody e Hal (2009), as melhorias ocorrem também com a redução do tempo de realização de tarefas, na diminuição de espaço necessário, menor uso de recursos e aumento de resultados dos funcionários.

Todos os resultados obtidos com a utilização do Kaizen devem ser apresentados por seus usuários a sua gerência, pois, segundo Araújo e Rentas (2006), a apresentação dos resultados trará mais efeitos positivos e benéficos ao time de Kaizen.

O capítulo 4 trará então o estudo de caso onde se dará a junção dos dois temas desta revisão bibliográfica, ou seja, a aplicação do Kaizen a um sistema AGV.

3 METODOLOGIA

A metodologia é constituída pelo conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos utilizados pelo investigador para alcançar os seus objetivos. A escolha da abordagem da pesquisa deve estar atrelada aos objetivos e, sobretudo, à natureza do problema de pesquisa em questão (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2012).

A metodologia vai além da descrição dos procedimentos, como métodos e técnicas a serem utilizados na pesquisa, indicando a escolha teórica realizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo

(MINAYO, 2001).

A pesquisa desenvolveu-se em cinco etapas, como pode ser observado na figura 4. Na primeira etapa foram realizadas revisões da literatura, procurando abordar os principais temas relacionados ao objeto de estudo: Metodologia Kaizen e Veículo Guiado Automaticamente.

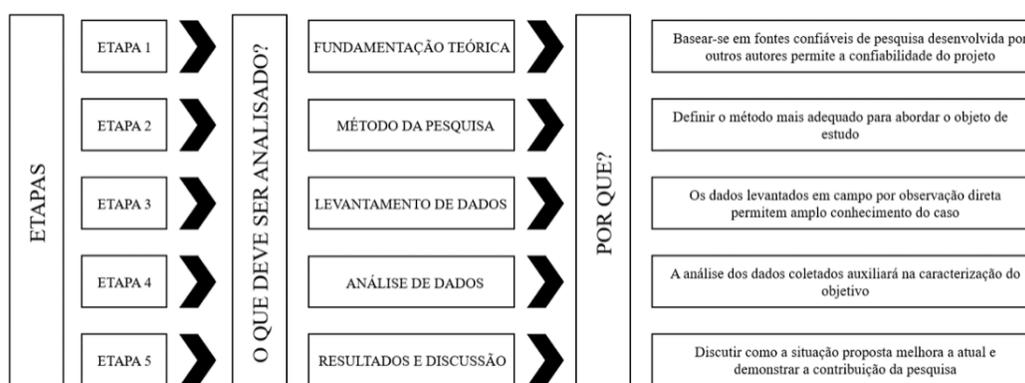


Figura 4 – Etapas da pesquisa.

Concluídos os estudos referentes a revisão da literatura, prosseguiu-se o trabalho para a segunda etapa, definição do método de pesquisa. O método escolhido foi o estudo de caso, já que este trabalho se vale da observação de um ambiente e abordará um caso específico em um processo na linha de montagem de uma indústria automotiva, localizada na região industrial da cidade de São José dos Pinhais, PR.

A realização de visitas técnicas na planta da indústria para levantamento de dados caracterizou a terceira etapa da pesquisa. A observação direta permitiu uma visão geral dos processos e a retirada de dados que agregaram informações imprescindíveis ao trabalho. Também foram realizadas reuniões com o engenheiro responsável pelo projeto na empresa, que forneceu mais dados a respeito do processo.

Em seguida, iniciou-se a quarta etapa da pesquisa, denominada de análise de dados. Por meio da análise dos dados foi possível determinar os objetivos visados para esta pesquisa.

A última etapa da pesquisa, resultados e discussão, caracterizou-se por discutir as vantagens da proposta de um novo processo comparado ao atual. Assim como demonstrar as contribuições da pesquisa.

4 ESTUDO DE CASO

A presente seção concentra-se em discutir o relato de estudo de caso. Inicia-se pela caracterização da organização (subseção 4.1), caracterização da situação atual (seção 4.2), apresentando os dados obtidos pela observação direta do ambiente em estudo, e segue com a situação proposta (seção 4.3) onde será apresentado o plano de melhoria.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

A organização objeto do estudo, é uma indústria automobilística, situada na cidade de São José dos Pinhais, estado do Paraná, uma das maiores montadoras de veículos do país, com capacidade de produção de 27.000 unidades por mês, integrante de um grupo que possui mais de 100 anos de existência.

Atualmente a empresa estudada tem implantado um sistema de veículo guiado automaticamente para a movimentação de materiais no chão de fábrica. Por tratar-se de um sistema de transporte automático, o AGV possui uma rota programada, estabelecida por meio de linhas eletromagnéticas dispostas no chão da unidade fabril, eliminando assim a necessidade de condutor. A função do AGV, no estudo em questão,

é o transporte dos carros kit, que são estruturas onde são carregados os kits de peças para a montagem dos veículos.

Cada carro kit porta uma folha de papel A4, chamada de “carta d’aille”, onde são escritas as instruções para montagem do kit de peças para cada modelo de veículo. As cartas d’aille são impressas de acordo com o sequenciamento de produção de carros do sistema da empresa. Na região do estoque, chamada de Kitting, um funcionário é responsável por anexar estas cartas a cada carro kit. Em seguida, a equipe de operadores do estoque carrega o carro kit com as peças correspondentes ao veículo e às informações da carta d’aille.

O sistema de AGV realiza o transporte dos carros kit da área de estoque de materiais até a linha de montagem, bem como o seu retorno à área de estoque. A carta d’aille segue junto ao carro kit durante todo o processo de produção, cuja principal função é garantir o backup de dados das peças que estão no respectivo carro kit. Quando o carro kit retorna ao estoque e chega ao final de sua rota, a carta d’aille é descartada e uma nova carta é anexada ao carro kit.

A análise deste processo, evidencia o desperdício de uma considerável quantidade de folhas de papel A4, descartadas diariamente, tal situação gera custos e não agrega valor ao produto final. As próximas subseções descrevem a situação atual e a situação proposta.

4.2 SITUAÇÃO ATUAL

A empresa objeto do estudo possui um sistema de AGV implantado para realizar o transporte de materiais entre a região de estoque de peças e a linha de montagem dos automóveis. Na região de estoque a empresa Alfa possui linhas de preparação dos carros kit, chamadas de kitting. O presente artigo tem foco no kitting PO4, que abastece a linha de montagem de portas.

Os AGV chegam ao kitting PO4 transportando dois carros kit vazios. No posto inicial do kitting PO4, um operador fica responsável por recolher as cartas d’aille da impressora, colocá-las na mesma sequência de impressão em um suporte de folhas, em seguida anexar uma carta d’aille a cada carro kit e, posteriormente, encaminhar o carro kit no trilho da linha de preparação, conforme figura 5.

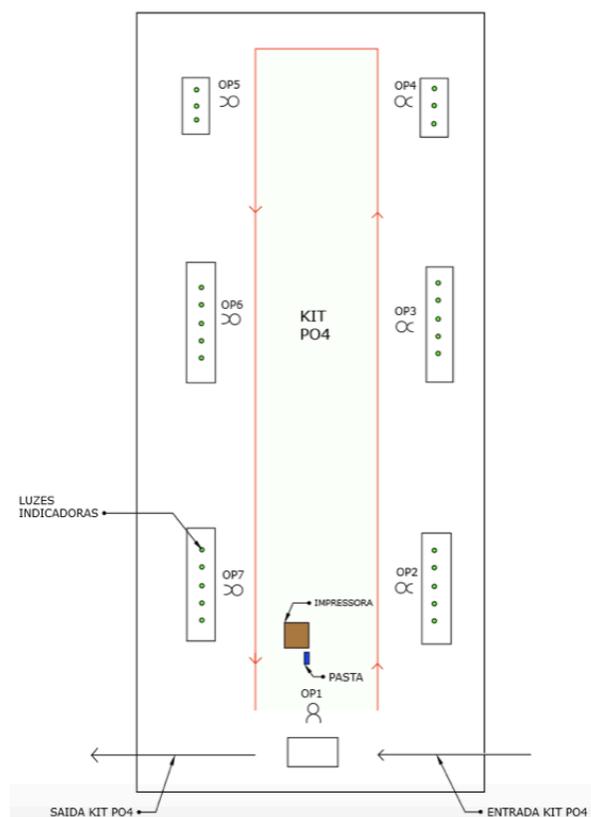


Figura 5 – Leiaute do kitting na situação atual.

Ao longo deste trilho, em formato de U, seis operadores são responsáveis por carregarem os carros kit, sendo o segundo posto encarregado pelas peças da porta dianteira direita (PDD), o terceiro posto pelas peças da porta dianteira esquerda (PDE), em seguida dois postos para peças de levantadores de vidro, vidros e retrovisores (C1 e C2).

No sexto posto estão as peças da porta traseira esquerda (PTE) e no sétimo posto as peças da porta traseira direita (PTD). Os operadores identificam as peças corretas para montagem através de luzes indicadoras que acendem nas prateleiras, à medida que chega um novo carro kit. Na última etapa o carro kit carregado retorna ao posto inicial, onde o mesmo operador posiciona dois carros kit para serem levados por um AGV. A figura 6 mostra uma foto da região do *kitting* PO4, indicando a localização da impressora, do carro kit em curso de preparação e a lixeira onde se faz o descarte das cartas d'aille.



Figura 6 – Foto do *kitting* PO4

Os AGVs fazem o transporte de dois carros kit até a linha de montagem, onde as peças serão montadas nas portas dos veículos. Posteriormente, os AGV retornam ao kitting PO4 com os carros kit vazios para que se inicie um novo ciclo. Neste retorno o operador retira e descarta a carta d'aille antiga. A figura 7 é uma foto do carro kit vazio, indicando a localização de fixação da carta d'aille.



Figura 7 – Foto do Carro kit com carta d’aille

A partir de informações levantadas, foi possível identificar o custo da utilização das cartas d’aille, que é composto basicamente pela impressão de folhas A4. As folhas, as impressoras, o serviço de manutenção e as impressões são fornecidas por uma empresa terceirizada, que cobra um preço final de R\$ 0,13 por cada impressão preto e branco.

A empresa objeto do estudo atua em um regime de três turnos de trabalho com 8 horas de duração cada, onde os funcionários da fábrica possuem um tempo total de intervalo de 1 hora e 15 minutos, resultando em um tempo útil de trabalho de 6 horas e 45 minutos.

O engenheiro de processos responsável, em entrevista, informou que a cada 54 segundos é impressa uma folha no *kitting* PO4. Foram feitas medições com cronômetro para confirmar este tempo. De posse das informações realizou-se o cálculo demonstrado abaixo, que totaliza um custo anual de R\$ 46.332,00 apenas para o *kitting* PO4:

- Definiu-se 22 dias úteis por mês;
- A indústria trabalha em 3 turnos por dia;
- Cada turno tem 6:45 (24.300 segundos) úteis de trabalho;
- Cada carta d’aille é impressa a cada 54 segundos;
- Cada carta impressa custa R\$ 0,13.

Custo anual = [(24300/54 folhas)*(3 turnos)*(22 dias)*(12 meses)*(R\$0,13)] = R\$ 46.332,00

Através da observação direta do ambiente em estudo, foram identificados alguns problemas nos processos e outros que são possíveis de ocorrer. O Quadro 2 lista estes problemas, indicando também as suas consequências.

Quadro 1 - Áreas do conhecimento da Engenharia de Produção

Nº	Problema	Consequência
1	Possível falha do operador ao colocar a carta d'aille em ordem diferente do sequenciamento dentro do suporte de folhas	Carro kit irá carregar uma carta d'aille não correspondente ao kit de peças
2	Possível falha da impressora	Carros kit ficarão sem carta d'aille
3	Possível desprendimento da carta d'aille do carro kit	Carros kit ficarão sem carta d'aille
4	Grande volume de lixo devido às cartas já utilizadas	Maior impacto ambiental
5	Perda do backup quando a folha é descartada	Perda de informação a respeito dos carros kit que já foram montados

4.2 SITUAÇÃO PROPOSTA

Como proposta de estado futuro, tem-se a substituição da carta d'aille pelo sistema de identificação e localização RFID - *Radio-Frequency IDentification* (WANT, 2006). Basicamente as alterações consistirão na aplicação de etiquetas RFID em cada carro kit. A etiqueta recomendada é semi-passiva com faixa de frequência UHF e classe 3, esta definição se deu de acordo com análise do layout e as necessidades do sistema em estudo. Também deve ser feita a instalação de antenas na região do *kitting* e na linha de montagem e, de um servidor para armazenamento e gerenciamento dos dados lidos e gravados nas etiquetas. Tendo o *kitting* PO4 como objeto de estudo, foi proposta a situação descrita a seguir.

Os AGVs chegarão ao *kitting* PO4 transportando dois carros kit vazios. Ao entrar na região do *kitting*, o carro kit passará por um leitor, o qual irá identificar o número do carro kit, lendo os dados contidos na etiqueta, em seguida armazenará estes dados no servidor e então gravará novas informações, referente ao kit de peças que será montado, nesta mesma etiqueta. Dessa forma, o operador do posto inicial será responsável nesta etapa apenas por encaminhar os carros kit no trilho da linha de preparação do kit de peças.

Ao longo do trilho, os operadores irão preparar o carro kit da mesma maneira da situação atual, carregando as peças conforme as luzes indicadoras. Porém, na situação proposta, as informações da carta d'aille serão dispostas em televisores instalados em cada posto. As informações gravadas nas etiquetas dos carros kit serão apresentadas nestes televisores, sendo a apresentação das informações atualizadas à medida que os carros kit passam pelo leitor e completam o percurso da linha de preparação.

No início da linha de montagem de portas, a proposta será instalar outro leitor, o qual identificará o carro kit entrando na linha e enviará seus dados para serem apresentados nos televisores, que serão instalados ao longo desta linha. Completado este percurso o carro kit retornará ao *kitting* PO4, iniciando um novo ciclo. Também serão instaladas antenas em regiões específicas, as quais serão responsáveis por identificar a localização de cada carro kit e possuirão raio de alcance de 100 metros no mínimo. A Figura 14 mostra o layout geral, com as modificações propostas na linha de montagem e a rota dos AGV que abastecem a linha PO4. Para melhor explicar as alterações propostas, foi criado um novo layout do *kitting* PO4, que pode ser visualizado na figura 8.

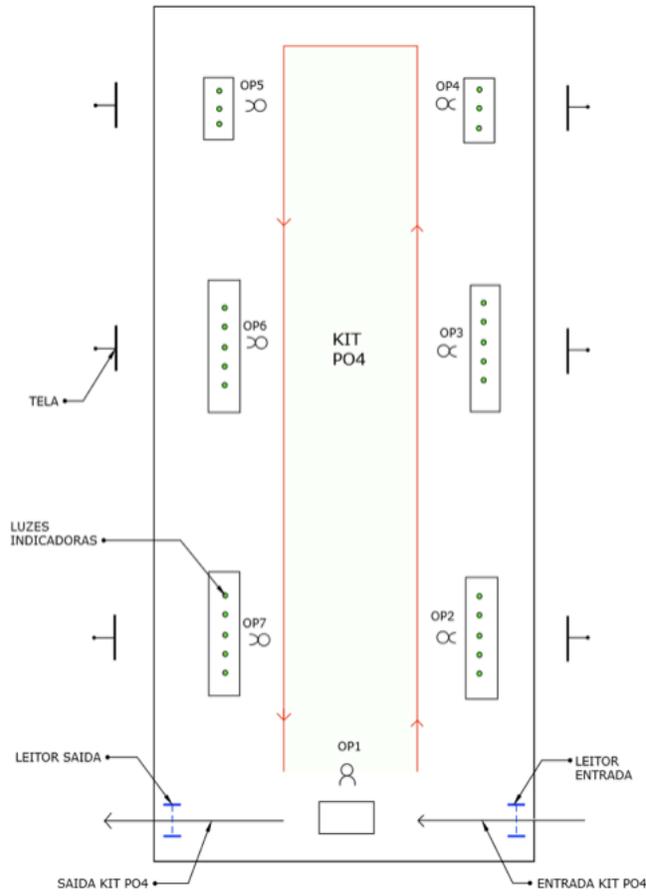


Figura 8 – Layout do kitting na situação proposta.

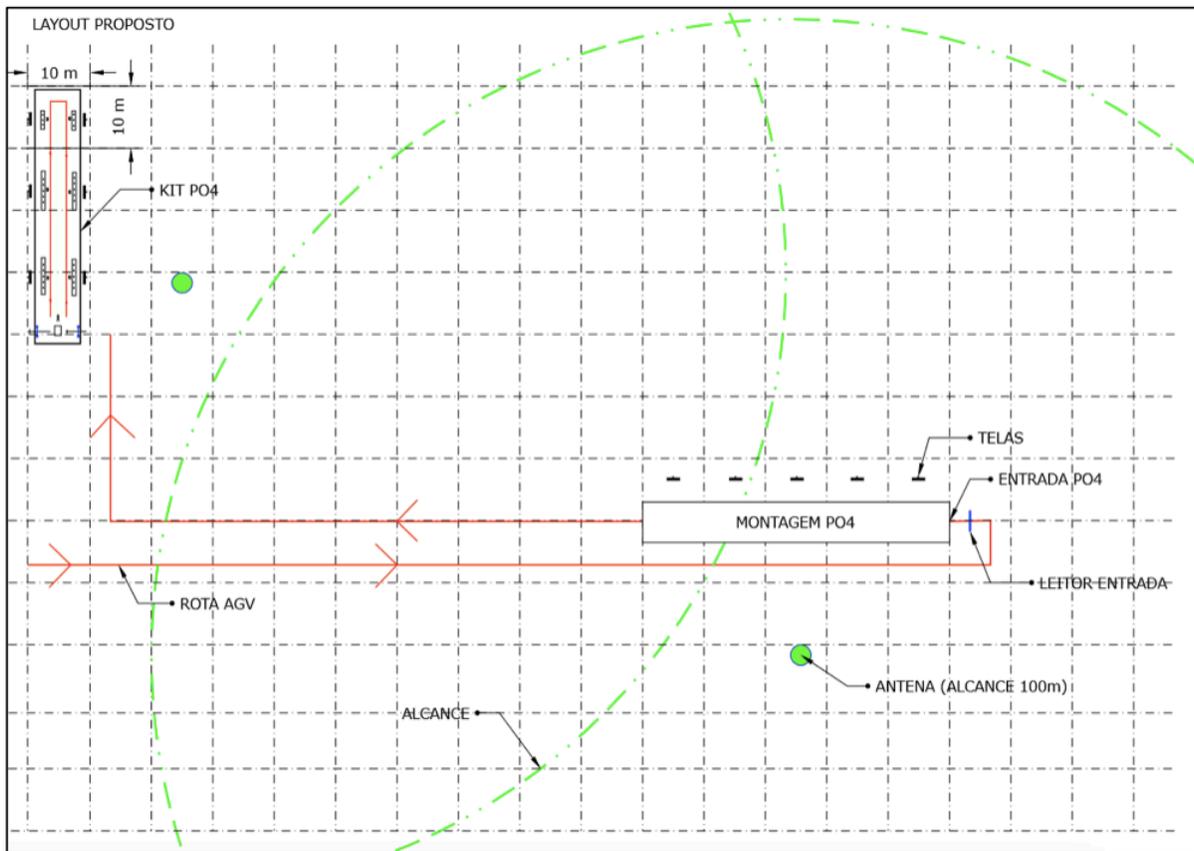


Figura 9 – Layout geral e rota do AGV.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão analisados e discutidos os dados levantados no estudo de caso, relacionando os objetivos deste trabalho com os resultados da análise. Em seguida, apresentará o comparativo entre a situação atual e situação proposta.

A realização da coleta de dados, se procedeu por observação direta dos processos produtivos da empresa Alfa. Também foram efetuadas entrevistas individuais informais com os funcionários envolvidos nos processos, o que possibilitou um conhecimento mais profundo a respeito do tema.

Pela análise da situação atual, foi possível identificar um cenário de desperdício, devido ao descarte diário de uma grande quantidade de folhas de papel, usadas para a impressão das cartas d'aille. Este cenário motivou a proposta de melhoria do presente trabalho, que consiste na substituição da carta d'aille por um sistema RFID para identificação dos carros kit.

A fim de aplicar a modificação proposta é necessário realizar investimento em equipamentos eletrônicos, como televisores, antenas RFID, *middleware* e coletores portáteis. A Tabela 1 lista estes componentes e também suas quantidades e valores. Vale ressaltar que os valores contidos na Tabela 1 são estimativas, sendo considerados para efeito de orçamento de projeto.

Tabela 1 - Investimento sistema RFID para toda a indústria

Item	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Televisor	24	R\$ 2.000,00	R\$ 48.000,00
Antena RFID	24	R\$ 2.091,00	R\$ 50.184,00
Middleware	1	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00
Coletores portáteis	8	R\$ 4.140,00	R\$ 33.120,00
Custo integração	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
Etiquetas	560	R\$ 29,20	R\$ 16.350,00
TOTAL			R\$222.654,00

Considerando a hipótese de implementação das propostas descritas, coletou-se informações com profissionais da área de engenharia em relação a tempo de operações e volume de folhas utilizadas. Também foram levantados os custos de cada folha com a empresa terceirizada responsável pela impressão das cartas. Os dados obtidos utilizados no cálculo de retorno financeiro são listados abaixo:

- Gasto média mensal com a impressão das cartas d'aille em toda a indústria R\$21.284,12
- Custo de implementação da proposta em toda a indústria fixado em R\$ 222.654,00
- Com cálculo similar ao da tabela 1, chega-se a um custo de implementação da proposta apenas no *kitting* PO4 e linha de montagem de portas fixado em R\$ 96.909,00
 - Definiu-se 22 dias úteis por mês.
 - A indústria trabalha em 3 turnos por dia.
 - Cada turno tem 6:45 (24.300 segundos) úteis de trabalho.
 - Cada carta d'aille é impressa a cada 54 segundos.
 - Cada carta impressa custa R\$ 0,13

Adotando siglas para os dados fornecidos, o custo mensal com a impressão das cartas d'aille apenas no *kitting* PO4 (CP04) é calculado da seguinte maneira:

- Tempo de trabalho (T): 22 (dias) * 3 (turnos) * 24.300 (segundos) = 1.603.800 segundos/mês
- Quantidade folhas impressas (QF): 1.603.800 / 54 = 29.700 unidades/mês
- Custo com folhas (CF): 29.700 * 0,13 = R\$ 3.861,00 / mês

Para analisar o retorno financeiro, usou-se primeiramente o método *payback*. Assim, o prazo de retorno financeiro (RF) de implantação, quando considerado apenas o *kitting* PO4 e linha de montagem de portas, é calculado:

$$RF = \frac{\text{Investimento}}{CF} = \frac{R\$ 96.909,00}{R\$ 3.861,00} = 25,1 \text{ meses} \sim 26 \text{ meses}$$

Como posteriormente o sistema RFID será implantado em todas as áreas da indústria, foi feito um levantamento, junto aos analistas da empresa, do custo da utilização de cartas d'aille em todas as linhas da indústria. De modo análogo ao demonstrado para o *kitting* PO4, o cálculo para toda a indústria totaliza R\$ 21.284,12. Assim, realizou-se o seguinte cálculo do prazo do retorno financeiro (RF) para toda a indústria:

$$RF = \frac{\text{Investimento}}{CF} = \frac{R\$ 222.654,00}{R\$ 21.284,12} = 10,46 \text{ meses} \sim 11 \text{ meses}$$

A TIR – Taxa Interna de Retorno, simplificada, ou seja, antes do Imposto de Renda, já apresenta um resultado significativo. Considerando também de modo simplificado, um prazo infinito:

TIR = Economia mensal / Investimento = 21.284,12 / 222.654,00 = 0,0956 ou ~ 10% a.m. No caso de considerar um prazo de 5 anos, o cálculo indica 9,5% a.m. Considerando apenas 2 anos, ainda assim a taxa mensal é extremamente elevada: 8,1% a.m.

Para estes cálculos foi utilizada a expressão:

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Onde P representa o investimento, A representa a economia mensal e n o número de meses. A TIR i é obtida por método iterativo embutido em calculadoras tipo HP 12C ou planilha eletrônica (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2020).

A aplicação da proposta apenas no *kitting* PO4 e linha de montagem de portas possui um retorno financeiro mais longo. Porém, o *payback* demonstra melhora significativa quando a implantação do sistema ocorre em toda a indústria, pois neste caso o investimento será recuperado em aproximadamente onze meses. Isto ocorre devido ao maior consumo de cartas d'aille e, conseqüentemente, maior custo.

Além da redução de custos descrita acima, a situação proposta apresentará melhorias em relação aos problemas identificados no estudo de caso, listados no Quadro 1. Os possíveis problemas que poderiam ocorrer, ligados ao manuseio e utilização da carta d'aille, serão

eliminados, visto que se fará a exclusão destas.

Quanto ao *backup* de dados, o sistema RFID da situação proposta, apresentará maior confiabilidade de informações, devido à capacidade de armazenamento, leitura e envio dos dados para etiquetas ativas. Dessa forma, o *backup* de informações de cada carro kit será automaticamente salvo no servidor do sistema, ao contrário da situação atual, onde o backup das cartas d'aille é descartado.

Outro benefício da situação proposta está relacionado à sustentabilidade praticada na empresa, graças à considerável diminuição do consumo de folhas de papel. O principal impacto ambiental associado à fabricação do papel é a derrubada de árvores para a extração da celulose, resultando na devastação de florestas. À vista disso, a empresa estará mais empenhada a atingir resultados positivos a favor do ambiente, unindo desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

Também, por simplificação, não foi considerada a economia de custo de administração do terceirizado, que se reflete em custos financeiros, contábeis e de gestão de recursos humanos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado neste trabalho, a aplicação da metodologia da melhoria contínua “Kaizen”, especificamente na eliminação dos desperdícios, é uma medida a ser tomada no problema identificado neste estudo. Conforme resultados demonstrados pela literatura e o amplo conhecimento de aplicação que vem por trás do método da manufatura enxuta, a aplicação do Kaizen se demonstra uma eficiente medida quando se procura eliminar desperdícios na linha de produção. Outro fator importante é o histórico de utilização que esta metodologia já possui, sendo aplicada nas maiores e mais respeitadas indústrias do mundo.

O sistema RFID é um sistema atual de localização e identificação, o qual apresenta as soluções propostas à substituição do atual modo de identificação das peças dos carros kit. Entre as melhorias que podem ser obtidas com o sistema de identificação por rádio frequência estão a localização constante dos carros kit, a identificação automática dos carros kit, a agilidade na transferência de dados, identificação de peças e disposição destas informações em televisores.

A utilização de sistemas eletrônicos de identificação e localização é uma tecnologia moderna e que requer investimento, porém, na aplicação do presente projeto este sistema se demonstra viável devido às melhorias decorrentes da sua utilização, resultando também em redução de custos. Portanto, dada a economia no consumo de folhas de papel e dos serviços de impressão, o projeto terá um *payback* do investimento em aproximadamente 11 meses, no caso de ser aplicado em toda a fábrica.

Conclui-se que este projeto apresenta um referencial teórico que servirá de base para a implementação das novas melhorias na linha de montagem. A eliminação do desperdício das folhas das “cartas d'aille” e a implementação do sistema RFID para localização e identificação dos carros kit e AGVs se demonstra uma melhoria a ser aplicada. Os efeitos gerados por estas mudanças podem ir de redução de custos, melhor controle da linha de montagem e aumentos na eficiência da produção.

PROCESS IMPROVEMENT IN AN AUTOMATICALLY GUIDED VEHICLE SYSTEM ON A CAR ASSEMBLY LINE WITH A KAIZEN EVENT APPLICATION BASED ON RFID IDENTIFICATION SYSTEM

ABSTRACT: This article aims to analyze the planning of a Kaizen event applied to the Automatically Guided Vehicle System, currently deployed on an automobile assembly line. Based on theoretical support on the themes, this study carried out a reflection through exploratory and bibliographic research to analyze Lean Manufacturing practices, with emphasis on Kaizen as strategy for reducing waste and applying continuous improvement in processes, which indicated improvement through the use of RFID Identification System. The method used is a case study in an automobile company. The results intend to show the gains in efficiency and cost reduction for the studied company.

KEYWORDS: Kaizen. AGV.

Originals recebidos em: 24/07/2020
Aceito para publicação em: 31/07/2020

REFERÊNCIAS

AGVS. **AGVs Moving Forward**. 2013. Disponível em: <<http://www.agvs.com.br/index.html>>. Acessado em 21/10/2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acessado em 13 de maio de 2017.

ATLEE, J. **Selecting safer building products in practice**. Journal of Cleaner Production, v. 19, p. 459 e 463, 2011.

CALARGE, F. C.; SATOLO, E. G.; PEREIRA, F. H. **Avaliação de implementação do Lean Production baseada na norma SAE J4000: uma análise em empresas do setor automotivo de Brasil e Espanha**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29, 2009. Salvador. Anais... Salvador, 2009.

CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CASAROTTO FILHO, N. e KOPITTKKE, B.H. **Análise de Investimentos**, 12^a. Ed. São Paulo, GEN/ATLAS, 2020.

ELEUTÉRIO, M. A.; **Sistema de Controle para Veículo Auto-Guido por Fita Refletiva**, Dissertação de Mestrado, Curitiba, CEFET-PR, 1989.

FERREIRA, E.D.; PASKULIN, F.A., **AGVS (Sistemas Autônomos de Transporte), uma Opção para a Racionalização do Fluxo de Material e seu Potencial Aplicativo**. 9º Seminário de Comando Numérico e Automatização Industrial, SOBRACOM. 1990.

FURINI, G.; SAURIN, T. A. **Proposta de um método de análise da cultura Lean em uma empresa que está implantando práticas do sistema de produção enxuta**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, 2008. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2008.

HAMMOND, L. **AGVs at work**. IFS Publications Ltd., UK. 1986.

HAMMOND, G. **Evolutionary AGVS – from Concept to Present Reality**. Springer-Verlag. 1987.

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 51^aed. São Paulo: Instituto IMAM, 1994.

KIM C. W; TANCHOCO, J. M. A. **AGV dispatching based on workload balancing**. 1999.

LARAIA, A. C.; MOODY, P. E.; HAL, R.W. **Kaizen Blitz: Processo para o Alcance da Melhoria Contínua nas Organizações**. São Paulo: Leopardo, 2009.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean**. 1 ed. São Paulo: Lean Enterprise Institute, 2003.

LOUZADA, Fernando Mazzilli. **Tempo e trabalho**. Estudos de Psicologia. 9 (2), 389-390. 2004.

MACEDO, M. A.; RAMOS, M. d. C. P. **Educação ambiental e resíduos sólidos urbanos: Caminho para um futuro sustentável**. EduSer-Revista de educação, v. 7, n. 2, 2016.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MÜLLER, T. **AGVS in Europe – Current Techniques and Future Trends**. Pringer-Verlag. 1987.

MÜLLER, T. **Automated Guided Vehicles**. IFS (Publications) Ltd./Springer-Verlag, UK/Berlin. 1983.

ROMÃO, A. C. S.; MOURA, R. A. A. **Análise do Setor de Montagem de Calhas de uma Fábrica de Peças para Indústria Ferroviária sob a Ótica do Kaizen**: Um Estudo de caso. Revista de Logística da Fatec, Carapicuíba, n.1, 2010.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil. 2003.

SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research methods for business students**. 6th ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2012.

SILVA, G. M. P.; HORNBURG, S.; TUBINO, D. F.; ROMING, M.; ANDRADE, G. J. P. O. **Manufatura Enxuta, Gemba Kaizen e TRF**: Uma Aplicação Prática no Setor Têxtil. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO 2008.

WANT, R. **An introduction to RFID technology**. IEEE Pervasive Computing, Volume: 5, Issue: 1, Jan.-March 2006.