

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA AGV – VEÍCULO GUIADO AUTOMATICAMENTE – EM EMPRESA DO SEGMENTO INDUSTRIAL

SILVA, Douglas Frederico da¹
Centro Universitário Academia – UniAcademia
PICCININI, Marco Aurelio²
Centro Universitário Academia – UniAcademia

Linha de pesquisa: Automação Industrial

RESUMO

A competitividade dentro do mercado mundial cada dia aumenta mais, influenciada por questões como fácil acesso à informação e o desenvolvimento de novas tecnologias, fazem com que as indústrias procurem soluções vantajosas e desenvolvam melhorias nos seus processos de gestão e estrutura de produção, mas ao mesmo tempo de baixo custo. O sistema logístico tem uma grande atribuição no sistema de produção de uma indústria, pois além de otimizar os recursos e aumentar a qualidade, é capaz de prover a eliminação de desperdícios, redução de custos e lucratividade. O objetivo principal deste trabalho é a integração de um sistema de AGV na linha de produção, demonstrando suas aplicações e seus benefícios nos processos de movimentação de cargas em um ambiente fabril. Por último será feita uma análise comparativa entre um sistema de transporte baseado em transportadores manuais com um sistema baseado em AGV, analisando a eficiência e os custos de cada sistema.

Palavras-chave: Competitividade. Sistema Logístico. Sistema de Produção. AGV. Logística.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

² Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade e a inconstância do mercado levam as empresas a buscarem um melhor aproveitamento da mão de obra, redução do tempo para o processo de construção de um produto, eliminação de desperdícios, melhoria na movimentação de materiais e por redução de custos para que aumente uma vantagem contra a concorrência.

O surgimento de novas tecnologias tem proporcionado e dado origem a novas ferramentas que viabilizam e otimizam o processo de produção e gestão. Neste sentido destaca-se a aplicação do sistema do Veículo Guiado Automaticamente (VGA), sendo utilizado principalmente na movimentação de materiais.

Conforme Santos et al. (2017), as empresas buscam otimizar seus processos através da automação, substituindo o homem na execução de atividade produtiva para meios eletrônicos ou mecânicos e juntamente com a tecnologia.

Segundo Haderspeck (2013), há uma tendência geral na indústria de armazenagem em usar apenas mão de obra para operações que agreguem valor ao produto. A incorporação de AGVs para movimentação de materiais permite que as empresas reimplentem essa mão de obra para outras operações que agreguem valor ao produto.

Os AGVs surgiram para substituir os pilotos de transporte industrial por softwares capazes de acompanhar rotas e carregar e descarregar materiais sem a necessidade de integração humana direta, proporcionando segurança e agilidade em uma operação contínua e programada.

Este trabalho pretende comparar a movimentação de cargas utilizando os veículos manuais com o sistema AGV, destacando os principais benefícios da implantação deste sistema como eliminação de desperdícios, redução de custos, agilidade, eficiência e segurança.

2. SISTEMA DE PRODUÇÃO

Com um mercado cada vez mais acirrado devido às diversas mudanças ocorridas nos desenvolvimentos de novas tecnologias, de mudanças no comportamento dos clientes e da exigência dos produtos com maior qualidade e menor custo, observam-se grandes pressões sobre os sistemas de produção, obrigando as empresas a buscar novas formas de organização industrial para a manutenção ou o aumento de sua competitividade. Dentre elas, a agilidade do sistema de produção para absorver informações é a chave do sucesso das empresas, pois para se tornarem competitivas, elas precisam ter duas capacidades: a de mudar e a de desenvolver novas estratégias (BARBOSA; CÂNDIDO, 2013; BLACK, 1998; MARTINS; SACOMANO, 1994).

O sistema de produção acontece por meio de subsistemas inter-relacionados que se desencadeiam entre um conjunto variável de processos e operações que possibilitam a produção de um produto, seja ele um bem ou um serviço (AZEVEDO et al., 2016).

Toda empresa é um sistema que recebe do seu ambiente externo os recursos (financeiros, materiais, empregados, etc.) e as informações (demanda de mercado, situação da concorrência, ações do governo, etc.) necessários para produzir. Assim, por serem sistemas abertos e lidarem com entradas e saídas complexas, para que não haja dificuldade de gestão é necessário administrar esses sistemas com o objetivo de fazer com que as necessidades desse mercado, cada vez mais competitivo, sejam atendidas, e no ambiente interno, minimizar qualquer tipo de desperdício para maximizar o lucro (JACSON; JONES, 1987; NEWMANN, 2013)

Em uma visão mais atual, Russomano (1987) destaca e divide os sistemas produtivos em três tipos de categorias, a saber:

- Produção Contínua: a produção contínua tem por objetivo produzir o máximo de produtos no menor tempo possível, sem paradas e interrupções. Este tipo de produção possui forte padronização e baixo grau de diferenciação. Como exemplo pode-se citar as petroquímicas, indústrias de embalagens, de alimentos, de bebidas, etc;
- Produção Intermitente: refere-se aos casos em que uma dada preparação é usada por um período pequeno, e logo em seguida,

alterada para produzir outra operação. A produção acontece em lotes ou sob encomendas, fazendo com que este tipo de sistema seja mais flexível e tenha um maior grau de diferenciação dos produtos. Como exemplo pode-se citar peças para automóveis, motores elétricos, máquinas, eletrodomésticos, etc;

- Produção Sob Encomenda: a produção somente inicia-se após o recebimento de pedido de compra, uma vez que dificilmente o mesmo produto terá sua produção repetida, quer para o mesmo ou para outro cliente. São exemplos a produção de navios, aviões, turbinas para hidrelétricas.

Para as empresas serem competitivas, elas devem procurar sempre o menor custo com a melhor qualidade do produto. Isto também se aplica à escolha do modelo de sistema de produção adequado para que as empresas mantenham a competitividade sob um mercado turbulento e imprevisível e assegurem a entrega de produtos com qualidade ao cliente. Outro ponto crucial para os sistemas de produção é a agilidade com que as empresas se adaptam às constantes alterações de produtos e serviços solicitados pelos clientes. Essas demandas requerem formas flexíveis de organização do trabalho, flexibilidade do sistema e, frequentemente, a capacidade de reconfiguração rápida do sistema de produção (ALVES, 2007).

2.1. MANUFATURA ENXUTA

Lean Manufacturing ou Manufatura Enxuta, e também conhecida como “Sistema Toyota de Produção” é uma filosofia de gestão industrial (Técnica) que tem por objetivo aumentar a eficiência na manufatura, acelerando a produção, melhorando a qualidade e eliminando os desperdícios (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

O foco principal de qualquer empresa que adequa a esse sistema é a diminuição do *lead time*, com estratégia que visam à melhoria contínua de seus processos, eliminando os desperdícios e maximização da produtividade, bem como a necessidade de atender adequadamente as necessidades dos clientes (WOMACK e JONES, 1998).

A Manufatura Enxuta analisa e resolve problemas em situações onde se julga não haver soluções, trabalhando principalmente na troca de produção empurrada

(produção repetitiva) para a produção puxada (produção por lotes de encomenda) (NETLAND; ASPELUND, 2013). A Manufatura Enxuta tem como objetivo então a produção de mais com menos recursos, seja menos pessoas, menos espaço, menos tempo ou menos estoque. Desta forma, em uma fórmula inversamente proporcional, no passo que há a redução de recursos disponíveis no sistema produtivo, aumentam-se as exigências de qualidade e flexibilidade na logística interna de materiais (MARODIN; ECKERT; SAURIN, 2012).

A aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta combina as vantagens da produção artesanal e da produção em massa, permitindo que a lucratividade seja resultado direto da redução sistemática de custos. A Manufatura Enxuta busca empregados multiquificados em todos os setores da empresa e, além de ter como meta o baixo custos, busca sempre identificar e eliminar os desperdícios e perdas com o objetivo de alcançar o nível zero de estoque. Além disso, procura desenvolver máquinas altamente flexíveis para produzir uma maior e melhor variedade de produtos, tendo sempre em mente a máxima satisfação do cliente com uma qualidade total aplicada (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

O desperdício, chamado na língua japonesa de *muda*, normalmente é ligado ao que se classifica na Manufatura Enxuta como lixo, porém sua definição vai muito além disso (WOMACK; JONES; ROOS, 2004). De acordo com Campos (2013), o desperdício é classificado como qualquer atividade que consome recursos na elaboração de um produto ou serviço, mas que não cria valor para o cliente.

Assim, para identificar os tipos de desperdício presentes numa organização é necessário compreender bem todos os processos, definir quais são aqueles que acrescentam valor e aqueles que não acrescentam valor ao produto e aplicar as ferramentas de Manufatura Enxuta (ORTIZ, 2006; LIKER, 2007; JONES, 2004). Um dos primeiros estudiosos dos tipos de desperdício, Ohno (1997), definiu sete tipos de desperdício nos sistemas de produção que se mantem até os dias atuais:

1. Superprodução: está relacionado ao fato de se produzir mais do que o requerido, pela demanda dos clientes, ou por produzir em um ritmo acima do necessário;
2. Espera: compreende o período em que os recursos estão efetivamente parados, isto é, não estão em processamento. As esperas são

- decorrentes da falta de matéria-prima, avarias nas máquinas ou mesmo pelo processo que a máquina está executando e o operador esperando que termine;
3. Transporte: englobam-se as movimentações para transportar matéria-prima e produtos, quer sejam produtos acabados ou a terminar. Movimentações elevadas significam que poderá haver desperdício de tempo e recursos;
 4. Sobreprocessamento: refere-se à atividade de acrescentar ao processo mais trabalho ou esforço do que o requerido pelas especificações dos clientes, como operações de retrabalho ou reprocessamento, por exemplo;
 5. Estoque: podem ocorrer na compra e no armazenamento de excedentes de insumos ou outros materiais. O estoque excessivo significa um maior custo para a empresa, ocupação de área, manutenção de materiais, realização de inventários periódicos, retrabalhos, atrasos na entrega e avarias dos equipamentos;
 6. Defeitos: todos os produtos que não estão de acordo com os requisitos do cliente são considerados defeitos, e pode-se dizer que esse é um dos piores tipos de desperdícios pois gera retrabalho, perda de materiais e um elevado risco de perder clientes;
 7. Movimentação Desnecessária: refere-se aos movimentos realizados desnecessariamente pelos operadores devido a um *layout* mal estruturado e desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixo desempenho e perda frequente de itens.

Além desses setes desperdícios clássicos, Tubino (2015) afirma que foi realizada uma atualização no conceito inserindo o oitavo desperdício que recebeu o nome desperdício do conhecimento. Esse relaciona-se com a subutilização das pessoas, isto é, o não aproveitamento de todas as capacidades dos empregados que pode levar a perdas de ideias criativas que poderiam gerar melhorias de produtividades consideráveis.

A partir da compreensão dos oito tipos de desperdícios que é possível encontrar nas empresas, torna-se possível estabelecer os princípios da Manufatura Enxuta, que

podem ser considerados, em conjunto, como um modelo para melhorar a eficiência dos sistemas produtivos (WOMACK; JONES, 2003).

2.2. CUSTO LOGÍSTICO

Há muito tempo, a logística era uma atividade “esquecida”, considerada apenas como apoio, não necessária para o sucesso dos negócios. A maneira de reconhecê-la vem mudando expressivamente a cada dia (FARIA, 2012). Atualmente a logística é considerada uma área de extrema importância para as organizações, já que está diretamente ligada à possibilidade de redução de custos e a obtenção de vantagem competitiva (TINELLI, 2013)

Mondêgo (2017) aponta que a logística é um dos diferenciais competitivos das empresas, e que o motivo do insucesso de muitas delas é o de não possuírem um sistema eficaz de gestão de custos logísticos.

Desta maneira, as organizações procuraram melhorar seu nível de serviço pelo meio de um planejamento mais viável, organização e controle das práticas de armazenagem e movimentação (BALLOU, 1993). Por isso que atualmente a área logística é vista como um dos princípios básicos na concepção da estratégia competitiva das empresas (NOVAES, 2015).

A logística de planta, interna ou operativa contribui com o apoio à manufatura, a qual compreende todas as atividades realizadas no suporte logístico a produção, sendo eles todo o fluxo de materiais e parcelas na manufatura dos produtos em processo, esses materiais são movimentados até o abastecimento das linhas de produção da planta, de acordo com os planejamentos de produção (FARIA, 2012).

O sistema logístico tem uma grande atribuição no sistema de produção, devido ao fato de que no longo percurso que transitam dentro das empresas, os materiais passam por uma série de etapas, por uma sequência de máquinas, estoques e equipamentos ao longo das etapas produtivas até que finalmente chegam ao seu resultado final como produtos ou serviços (CHIAVENATO, 1991).

Porém, Resende et al. (2017) afirmam que o custo logístico vem crescendo com o passar dos anos e que atualmente representam 12,37% do faturamento bruto das empresas. Em 2015 e 2016 esse custo cresceu 0,64%, representando um aumento de 15,5 bilhões para as empresas. Para efeito de comparação, o custo logístico na

China representa em média 10% do faturamento bruto das empresas e 8,5% nos Estados Unidos. Outro ponto é que o custo que pesa nesses países não é o de transporte, e sim o de armazenagem. Já no Brasil, segundo Pardo (2011), o custo logístico é dividido em 6,9% com transporte, 3,5% com estoque, 0,7% com armazenagem e 0,4% com custo administrativo.

Zinn (1995) cita os principais custos logísticos:

- Transporte: roteirização, frota própria ou de terceiros, número e capacidade de veículos e modo de transporte;
- Armazenagem e Movimentação: número de armazéns, localização, tamanho, mecanização e automação próprios e/ou de terceiros;
- Processamento de Pedidos: automação e informação;
- Estocagem: estoque básico, estoque de segurança, frequência de compras, tamanho do pedido;
- Custo de Produção: programação da produção;
- Serviço ao Cliente: custo de venda perdida.

Segundo Yamashina (2007), existem 21 perdas logísticas que são originadas de três grandes grupos, sendo o primeiro deles relativo às perdas de estoque ou inventário. Segundo o autor, quanto maior o estoque, mais capital da empresa ficará comprometido, e esse valor poderia estar gerando receitas em aplicações e investimentos em inovação e produtividade. Além disso, quanto maior o estoque, maior a quantidade de mão de obra e espaço físico para gerenciamento e controle, gerando assim mais perdas atreladas a essas variáveis. O segundo grande grupo é referente a movimentação de material, e divide-se em mão de obra responsável pelos fluxos de materiais dentro das empresas, o espaço utilizado para essas movimentações e os equipamentos utilizados para realizar o manuseio desses materiais. Por fim, o terceiro grupo é referente ao transporte de materiais e avalia as perdas oriundas do mal dimensionamento de transportes. A Figura 1 apresenta as 21 perdas logísticas.

Figura 1 – Relação das vinte e uma perdas logísticas.



Fonte: Adaptado de Embraco (2011)

Um melhor aproveitamento dos recursos humanos e a otimização dos processos de movimentação de materiais são essenciais para o aumento da competitividade. A redução de estoques e o uso do fluxo unitário de peças aumenta a exigência de confiabilidade e velocidade na logística de materiais (MARODIN et al., 2012)

Dependendo do tipo de sistema de produção e armazenamento, o modo de controle e movimentação dos materiais poderá ser manual ou automático.

Movimentação manual de materiais envolve o uso do corpo humano para levantar, baixar, atestar ou transportar cargas de um local para outro. No entanto, quando estas tarefas são realizadas de forma incorreta ou excessiva, podem expor os trabalhadores a fatores de riscos físico, fadiga e lesões. Para evitar estes problemas, a organização pode beneficiar-se do avanço de novas tecnologias e melhorar o ajuste entre as tarefas de trabalho e a capacidade dos seus trabalhadores. A utilização de equipamentos e máquinas reduz e previne o risco de lesões e esforços dos trabalhadores, como também aumentam a produtividade e a qualidade de serviço (CHEUNG et al., 2007)

Para Crownsox (2006), o dispositivo automatizado é pensado e construído de modo a atender demandas para a movimentação e deslocamento de material. A

automação de processos e de tecnologias de movimentação vem sendo utilizada por muitas companhias com o intuito de diminuir as dificuldades da movimentação manual e melhorar a produtividade.

Segundo Ray (2008), há alguns benefícios a se esperar de uma melhor movimentação de materiais, como: redução de custos de movimentação, economia de espaço, tornar o trabalho mais interessante e eficaz, redução de fadiga, tornar o trabalho mais seguro, aumento da capacidade produtiva, melhora da localização e do layout das instalações, segurança na operação e maior satisfação no trabalho.

3. AUTOMATED GUIDED VEHICLE

O AGV é um sistema cuja movimentação é autônoma isentando a assistência de operadores. Este sistema é uma das tecnologias mais pertinentes para transportes de materiais nas indústrias, como a movimentação de materiais do armazém até a estação de montagem. O transporte é estável e eficiente, garantindo vantagens aos usuários deste sistema e à produção (ATLEE, 2011).

De acordo com MÜLLER (1983), os pioneiros no desenvolvimento de veículos automaticamente guiados foram os EUA, no princípio da década de 50 pela Barret Electronics. Foi na Carolina do Sul, na empresa Mercury Motor Freight, em 1954 que o primeiro sistema AGV foi instalado (HAMMOND, 1987). Na Europa, a Volvo foi a primeira empresa a utilizar o sistema AGV, em 1974, em uma fábrica de montagem em Kalmar. Desde então, após observar estes resultados positivos, inúmeras empresas europeias passaram a utilizar sistemas com veículos autoguiados (MÜLLER, 1987). A partir de então, a utilização de AGVs cresceu notavelmente até a atualidade, assim como o número de áreas de aplicação.

Devido a sua tecnologia avançada, os AGVs são dedicados para o transporte de materiais no interior da linha de produção em pequenas ou grandes distâncias, coletando o material do armazém e transportando para a linha de produção, sendo que seu transporte é seguro e eficaz (ATLEE, 2011).

Sua locomoção é através de baterias, o que lhe permite trabalhar 24 horas por dia, sendo assim mais eficiente do que o sistema tradicional que é feito por intervenção humana, além de reduzir os custos de produção e aumentar a eficiência da produção,

o AGV pode trabalhar em locais sujeitos a ruídos intensos ou temperaturas elevadas (KIM e TANCHOCO, 1999).

Segundo HAMMOND (1986), uma grande vantagem do AGV é a segurança, pois possui um sistema de sensores ópticos e ultrassônicos que faz com que evite qualquer colisão com os seus obstáculos, e com isso, podendo até mesmo substituir as empilhadeiras nos processos fabris.

Os principais benefícios da aplicação dos AGVs na indústria são: reboque de carrinhos com kit de peças do armazém até a linha de produção, apoio para o trabalho de montagem de máquinas ou para fazer transferência dos equipamentos e materiais entre setores do processo produtivo. Além de reduzirem os custos com a mão de obra, agilidade, flexibilidade, organização e controle do processo de produção (KIM e TANCHOCO, 1999).

O processo acelerado dos avanços tecnológicos fará com que muitas mudanças sejam feitas no AGV, e por isso, impulsionará o aumento do uso dos AGVs nas empresas, que promoverá muitos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (MIKLIC, BOGDAN, KALINOVIC, 2011).

3.1 TECNOLOGIA

O AGV é uma das tecnologias mais interessantes no transporte de materiais das indústrias, devido sua agilidade de movimento, eficiência e flexibilidade, porém há de verificar suas vantagens e desvantagens antes de implantar tal sistema (KABIR e SUZUKI, 2018; SANTOS et al., 2018). A tecnologia tem seus prós e contras, porém é necessário determinar a viabilidade da implantação de um sistema como esse, uma vez que há um investimento alto inicial, sendo inviável para pequenos negócios e inadequado para procedimentos não repetitivos.

3.1.1 Tipos de veículos

Os AGVs são classificados em:

- AGV REBOCADOR: Como se pode ver na Figura 2, o AGV possui como característica principal o sistema de locomoção com alta tração, que permite

rebochar um ou mais carrinhos. Sua principal utilidade é o transporte de peças do depósito até as linhas de produção.

Figura 2 – AGV Rebocador.



Fonte: Scott (2022)

- AGV EMPILHADEIRA: Como se pode ver na Figura 3, o AGV pode substituir as atividades de uma empilhadeira manual, possuindo a capacidade de transportar pallets e acomodá-los nos mais diversos lugares. Além de ser um equipamento bem versátil e de fácil aplicação, possui um alto índice de segurança comparado as empilhadeiras manuais que são utilizadas por homens.

Figura 3 – AGV Empilhadeira.



Fonte: Scott (2022)

- **AGV CARREGADORES:** Como se pode ver na Figura 4, o AGV é utilizado para cargas unitárias, sendo leves ou pesadas. Normalmente encontrados nas indústrias, pois são capazes de trabalhar em locais com pouco espaço e tem a capacidade de girar no próprio eixo.

Figura 4 – AGV Carregador.



Fonte: Scott (2022)

3.1.2 Sistema de tração

Existem dois casos típicos: denominada configuração triciclo que é quando o AGV possui duas rodas traseiras livres e uma roda dianteira aonde atuam os motores CC para tração e direção, e quando a roda da frente é controlada por um motor de passo e as duas rodas traseiras são controladas por um motor CC independente. Sendo que neste caso, os motores CC que são usados para o controle de tração e direção é feita pela diferença relativa de velocidades dos motores (ROCHA, 2001).

3.1.3 Sistema de orientação

O sistema de orientação possui diferentes métodos que podem ser escolhidos de acordo com a aplicação, frequência de transporte e custo de instalação. Os métodos mais comuns são (YAGHOUBI, 2012):

- **ORIENTAÇÃO POR FIO INDUTIVO:** é feito um corte no piso da instalação e embutido um condutor que é percorrido por uma corrente elétrica que liberará

uma determinada frequência a ser reconhecida pelo AGV, e o mesmo percorrerá essa rota programada, obedecendo ao sinal enviado pelo cabo. Diferentes rotas podem ser determinadas, basta alterar a frequência das correntes que é percorrido pelo condutor, como por exemplo um trem sobre o trilho.

- ORIENTAÇÃO POR FITA (FAIXA): é feito demarcações no piso que refletem sinais ópticos durante a rota do AGV. Essas demarcações podem ser feitas através de fitas de alumínio, fitas plásticas ou marcada através de tintas. Sua preferência se dá devido ao baixo custo, porém só é possível a implementação deste sistema em pisos limpos.
- ORIENTAÇÃO POR LASER: é um sistema emissor/receptor laser que emite e capta as reflexões e determina continuamente a sua posição através de refletores espalhados pelo edifício e um sensor rotativo montado na parte superior do AGV. As alterações de rotas podem ser feitas através de atualizações de software.

3.1.4 Sistema de controle

O sistema de orientação tem como finalidade o controle de destino do AGV e para que isso seja feito é necessário um painel localizador que fornece as orientações pela rota a ser seguida, controla a sua direção mantendo seu curso e atua nos sistemas de tração e direção, controlando a velocidade desejada e tráfego da rede. Possui um display que indica em tempo real a posição do veículo e detalha seus status, sua identificação e monitora e informa sobre o estado das baterias (BERMAN, SHECHTMAN e EDAN, 2009).

Conforme Ferrelli (2015), a função básica deste sistema é o controle de destino, que pode ser descrito pelas seguintes funções:

- Planejamento e Controle da Rota (Navegação): orienta o AGV com relação ao caminho a ser seguido, em função da posição atual e do destino perseguido;
- Controle de Direção: faz com que o veículo mantenha o seu curso, segundo informações do sistema de aquisição de dados e de acordo com o estabelecido pelo Planejamento e Controle da Rota;

- Pilotagem: recebe os sinais do controle de direção e, de acordo com outras informações (tráfego da rede, velocidade desejada), atua nos sistemas de tração e direção;
- Controle de Transferência de Carga: atua sobre os sistemas de transferência de carga do veículo;
- Controle de Bateria: monitora e informa ao computador central o estado das baterias.

O sistema também conta com uma central de registros que armazena todos os dados e relatórios de cada AGV, demonstrando seus rendimentos e problemas técnicos, sendo muito útil para o suporte técnico (FERRELLI, 2015).

4. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Este trabalho apresenta três estudos de caso sobre a melhoria de um Sistema de Movimentação de Materiais através da implantação de um sistema de AGV (Veículo Guiado Automaticamente), em empresas do ramo industrial.

O objetivo é apresentar os benefícios que esta tecnologia proporciona ao processo de logística de uma empresa. Após identificarem-se as diversas vantagens que são descritas na literatura sobre a adoção desta tecnologia, buscou-se verificar através de estudos de casos as reais vantagens.

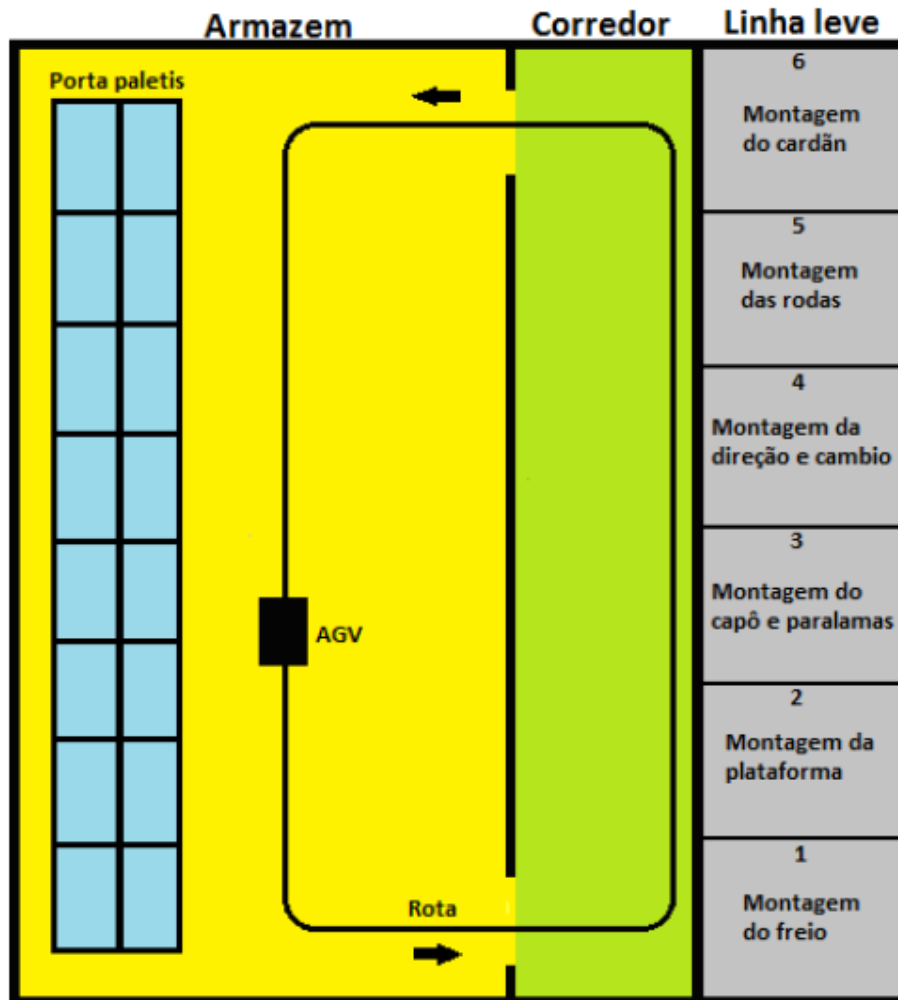
4.1 PRIMEIRO CASO

Souza e Royer (2013), acompanharam uma linha de montagem de uma empresa de equipamentos agrícolas localizada na cidade de Canoas/RS, onde foi analisada a implementação do AGV para auxílio na movimentação de materiais em uma linha de montagem. Através do AGV serão transportadas peças de acabamento de equipamento a serem montados, como por exemplo, faróis, vedações e parafusos.

No projeto foi analisado, primeiramente, qual seria a rota com a melhor eficiência na implantação do AGV. Esta rota foi facilmente identificada, realizando-se para isto o traçado de movimentação das peças para a linha leve. A rota traçada é a que possui o maior tráfego de equipamentos de logísticas, encontrando-se situada ao lado do armazém, portanto, com menor percurso, podendo assim ser instalado um AGV de

velocidade reduzida e com uma possibilidade de transporte de maiores cargas. A Figura 5 apresenta o layout da rota planejada para o AGV.

Figura 5 – Layout de movimentação do AGV.



Fonte: Adaptado de Souza e Royer (2013).

Foram montados kits de forma a possibilitar que, com apenas uma viagem, o AGV conseguisse suprir todas as etapas do processo, estabelecendo-se para isto seis paradas no decorrer da linha. Neste sentido, de forma a viabilizar esta tarefa, foi necessário a utilização de seis carrinhos tracionados para acomodar todas as peças do kit.

A rota a ser percorrida foi demarcada no piso da fábrica com um pincel marcador, e logo após foram realizados cortes com um equipamento de corte a disco, sendo os cortes com 4mm de largura por 20 mm de profundidade. Após os cortes, foi efetuado

a instalação do cabeamento pelas fendas abertas no piso. Este cabeamento é responsável por emitir a frequência a qual o AGV capta através de seus sensores, possibilitando assim que seja obedecida a rota que é determinada.

Com o sistema instalado, o processo de aplicação do AGV foi iniciado verificando-se aspectos de segurança e produtividade, pois ao contrário dos sistemas anteriores de transportes e movimentação de cargas (empilhadeiras), agora um único equipamento irá atender a demanda do sistema de produção, dotado de sensores que o faz parar ao detectar alguma possível colisão.

Verificou-se que os acidentes no setor, que antes eram de seis por mês, agora caíram para zero. A diminuição dos acidentes, obviamente, também impactou na melhoria da produtividade.

4.2 SEGUNDO CASO

Souza e Thomaz (2019), apresenta um estudo de caso sobre as melhorias no sistema de movimentação de materiais em uma empresa do ramo de autopeças automobilísticas de médio porte no interior do estado de São Paulo, através da implementação do AGV.

Nesse estudo de caso, foi feita uma análise da viabilidade de implementação do sistema de movimentação de materiais com AGV. Para fins de comparação do modelo atual com o modelo proposto levantou-se as informações sobre o modelo empregado atualmente.

Primeiramente, foi elaborado um layout do local, bem como um levantamento dos custos com funcionários e indicadores produtivos. Para os custos de implementação do AGV, foi feita uma consulta junto a uma empresa fornecedora. A Figura 6 apresenta o layout da rota planejada para o AGV.

Figura 6 – Layout de movimentação do AGV.



Fonte: Adaptado de Souza e Thomaz (2019).

Nesse estudo de caso, foi feita uma análise da viabilidade de implementação do sistema de movimentação de materiais com AGV. Para fins de comparação do modelo atual com o modelo proposto levantou-se as informações sobre o modelo empregado atualmente.

Os custos levados em conta para o modelo atual foram o aluguel do maquinário e o salário dos operadores, sendo que esta não tem custos de combustível, pois é elétrica e nem de manutenção, pois é alugada.

Para a quantificação dos AGVs foram levadas em conta as necessidades do processo produtivo para suprir a demanda. Foram consideradas a produção mensal

da empresa e o número de componentes existentes para cada produto acabado, chegando assim em uma demanda diária.

Com esses dados foi possível estimar a necessidade de AGVs para abastecimento das linhas, através de uma estimativa de número de viagens necessárias. Após a coleta de dados, foi possível analisar e comparar os modelos, atual e proposto.

Conforme a Figura 6, a fábrica é dividida entre as linhas de disco ao lado direito e de platô, do lado esquerdo. Os estoques são posicionados nas laterais das linhas produtivas, local onde o AGV deve retirar as matérias-primas para abastecimento e devem ser posicionadas no local descrito como abastecimento nas linhas.

Foi necessário descobrir a quantidade de AGVs necessários para suprir a demanda interna de matéria-prima para a fábrica. Para isso, foi utilizada a quantidade peças para cada produto e produção diária para dois turnos.

No atual modelo, são utilizadas as empilhadeiras para a busca de matérias-primas nos estoques, sendo cada uma responsável por um lado da fábrica. A empresa trabalha em dois turnos, sendo necessários 4 funcionários e duas máquinas alugadas para tal tarefa. As empilhadeiras atualmente utilizam o mesmo percurso que foi proposto na figura 3 para os AGVs.

Após o cálculo do número de viagens necessárias para o abastecimento das linhas produtivas para um dia de trabalho, tem-se que um único AGV atende à demanda da empresa.

4.3 TERCEIRO CASO

Em Ferrelli et al. (2015) é apresentado um estudo de caso de uma melhoria na área de logística de uma empresa de equipamentos agrícolas localizada na cidade de Curitiba/Pr. Tem como objetivo, apresentar os principais ganhos na utilização da automação no setor de movimentação interna de materiais do estoque para as linhas de produção da empresa.

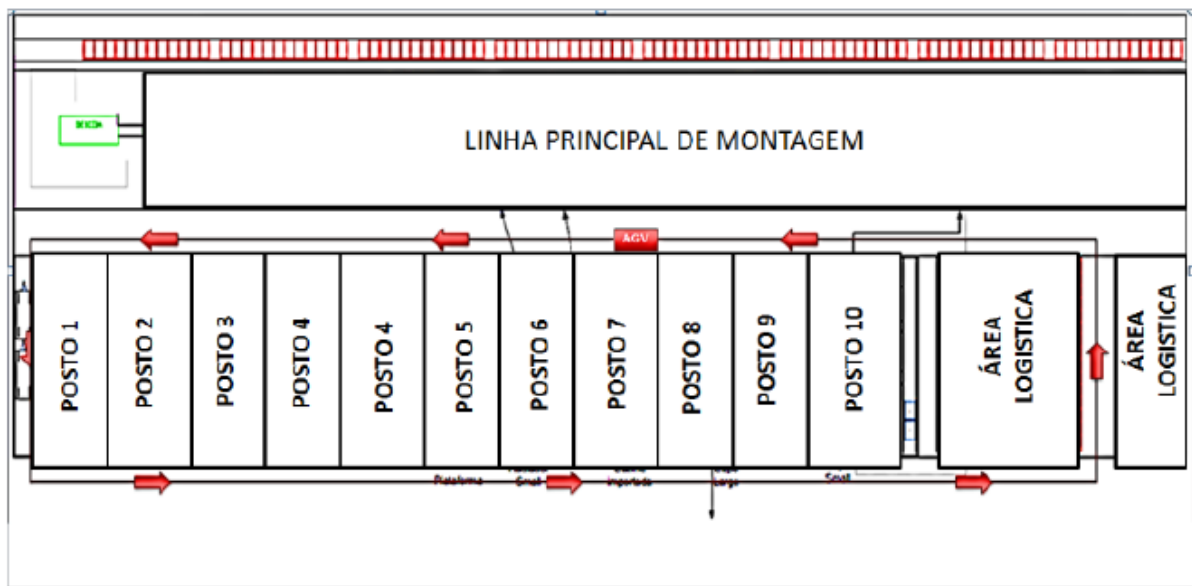
No projeto de melhoria do sistema de movimentação logístico interno, primeiramente foram levantados os principais problemas que necessariamente precisavam ser reduzidos.

Foram coletados dados junto a segurança do trabalho que registrou em uma só área e em um curto espaço de tempo, dois acidentes relativos a movimentação interna feita com rebocadores.

Também se verificou que, devido à alta variação da produtividade, havia necessidade de duas pessoas e dois rebocadores para atender a linha de produção.

Estudou-se então uma rota que resultaria em ganhos com a utilização do AGV. Utilizando um sistema de navegação óptico para a orientação do veículo, e verificou-se que com apenas uma rota de abastecimento no armazém o AGV conseguiu fazer o abastecimento de uma linha de montagem com quatro postos e mais uma linha de pré-montagens com três postos. A Figura 7 apresenta o layout da rota planejada para o AGV.

Figura 7 – Layout de movimentação do AGV.



Fonte: Adaptado de Ferrelli et al. (2015)

Com a instalação do sistema e início das atividades do equipamento, verificou-se grandes ganhos, como em aspectos de segurança e produtividade. Os acidentes logísticos chegaram a zero na área de aplicação, o que antes ocorria em uma média de dois por mês, pois o uso de rebocadores e empilhadeiras que traziam o risco físico para a área.

A nova sistemática implementada com o uso do AGV, não havia risco de acidente, pois o equipamento conta com sensores que detectam qualquer possível

colisão, acionando automaticamente sua parada de emergência. Essa redução de acidentes também impactou em ganho de produtividade, pois não havia parada de equipamentos e afastamento de pessoas.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Conforme cada trabalho apresentado, os resultados obtidos sobre a implantação de um sistema de AGV, pode ser mensurado através de um conjunto de aspectos positivos que foram identificados.

Através da comparação do custo do modelo anterior e modelo atual, pode-se acompanhar o ganho obtido através das tabelas abaixo, conforme cada caso.

5.1 PRIMEIRO CASO

A Tabela 1 mostra o custo do sistema utilizado anteriormente, o qual era composto basicamente por empilhadeiras.

Tabela 1 – Custo com o Sistema de Movimentação Anterior.

Custo com Empilhadeiras	Considerações por Ano	Total Anual
Mão de Obra	2 pessoas	R\$ 93.600,00
Locação	2 equipamentos	R\$ 43.200,00
Causa Trabalhista	3 processos	R\$ 20.000,00
Erro Humano	Indisciplina e Colisões	R\$ 87.600,00
Combustível	Gasolina	R\$ 7.200,00
		R\$ 251.600,00

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2013)

O custo atual, obtido através do sistema de movimentação de materiais que utiliza o AGV, é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Custo com o Sistema de Movimentação utilizando AGV.

Custo com AGV	Considerações por Ano	Total Anual
Equipamentos	Leasing	R\$ 199.200,00
Manutenção	Preventiva	R\$ 14.400,00
Combustível	Baterias	R\$ 8.400,00
Infraestrutura	Instalação	R\$ 20.000,00
		R\$ 242.000,00

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2013)

Conforme Souza et al. (2013), afirmam que apesar desta análise considerar apenas os ganhos econômicos, os ganhos de processos e os de insumos, salientam-se que os ganhos relacionados as questões de segurança também são relevantes. Com a implantação do novo sistema, a possibilidade de acidentes de trabalho foi praticamente eliminada. Este aspecto, além de impactar economicamente na empresa (custo de afastamento de mão de obra, custo de substituição de funcionários, etc.), também acaba influenciando na autoestima dos funcionários e tendo impacto na produtividade dos mesmos.

5.2 SEGUNDO CASO

A Tabela 3 apresenta o custo anual gasto com o sistema de movimentação atual (empilhadeiras e mão de obra) em comparação com o sistema proposto, que é o investimento inicial para implantação do sistema equipado com AGV (compra do mesmo e manutenção do primeiro ano) mais o custo de manutenção anual para o sistema.

Tabela 3 – Custos do sistema atual e sistema AGV.

Ano	Custos		Diferença (atual - proposto)
	Sistema Atual	Sistema Proposto	
Primeiro	R\$ 364.405,68	R\$ 319.445	R\$ 44.960,68
Segundo	R\$ 364.405,68	R\$ 30.000,00	R\$ 334.405,68
Terceiro	R\$ 364.405,68	R\$ 30.000,00	R\$ 334.405,68
			R\$ 713.772,04

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2019)

Conforme Souza et al. (2019), afirma que os custos totais para a compra e manutenção anual do sistema AGV são inferiores aos custos anuais com o sistema tradicional que utiliza os equipamentos alugados e mão-de-obra. Por mais que com a alteração dos sistemas agora os custos de manutenção tenham que ser incorporados a todos os anos subsequentes (anteriormente a manutenção era feita pela empresa de locação dos equipamentos contratada), apenas o valor gasto anualmente com os salários dos quatro operadores já seria quase suficiente para arcar com o custo total do investimento para implantação/compra do sistema de movimentação com AGV.

5.3 TERCEIRO CASO

A Tabela 3 apresenta um comparativo do sistema antigo, baseado em um rebocador, uma empilhadeira e dois operadores, e o novo sistema que utiliza apenas o AGV.

Tabela 3 – Custos do sistema atual e sistema AGV.

Custo de Movimentação	Sistema Antigo	Sistema AGV
Mão de Obra	R\$ 261.360,00	-
Rebocador	R\$ 30.000,00	-
Empilhadeira	R\$ 60.000,00	-
Aluguel do AGV	-	R\$ 63.700,00
Total Geral	R\$ 351.360,00	R\$ 63.700,00
Ganho Financeiro (Antigo - AGV)		R\$ 287.660,00

Fonte: Adaptado de Ferrelli et al. (2015)

Conforme Ferrelli et al. (2015), afirmam que na análise realizada no presente estudo de caso, uma área onde ocorriam em média 2 acidentes mensais relativos a movimentação interna logística, após a implantação do AGV, esse número caiu à zero, o AGV torna-se uma das soluções mais viáveis para resolução de problemas de circulação, movimentação e de segurança nas áreas de logística interna das empresas. Portanto, o payback do projeto é de menos de um ano, e ainda obtiveram ganhos imensuráveis como saúde e segurança nas áreas de trabalho.

6. CONCLUSÃO

A necessidade constante de diminuir ou eliminar custos do processo produtivo, bem como reduzir a presença humana em locais de riscos, tem propiciado que empresas busquem e invistam em novas tecnologias para os processos e na resolução dos problemas, pois caso contrário estão fadadas à falência, e neste sentido o uso do Veículo Guiado Automaticamente (AGV) tem aumentado.

A substituição de um sistema de movimentação com empilhadeiras por um sistema com AGV, através dos dados, permitem concluir que o sistema com AGV proporciona diversos benefícios, como agilidade, redução na emissão de poluentes, segurança no ambiente fabril e também redução de custos, além do sistema com AGV

requer um menor número de funcionários quando comparado com o sistema com empilhadeiras.

No mercado atual, cada vez mais competitivo, observa-se que cada vez mais as empresas busquem altos níveis de excelência para reduzir seus custos, uma vez que os preços geralmente são ditados pelo mercado, cabendo as organizações maximizarem seus lucros.

ABSTRACT

The competitiveness inside the worldwide market increases more and more each day influenced by issues like easy access towards information and the development of new Technologies, making the industries look for solutions that have advantages and develop in a better way their processes of management and production structure, but at the same time, in a low cost. The logistic system has a great attribution in the production system of an industry, because not only optimizes the resources but increases the quality and is capable of promote the elimination of waste, costs reduction and profitability. The main goal or aim of this essay is the integration of an AGV system on the line of production, demonstrating its application and benefits in the processes of moving cargos in a fabril environment. And at the end, will be made a comparative analysis between a transport system based in manual transportations with a system based in AGV, analyzing the efficiency and the costs of each system.

Keywords: Competitiveness. Logistics System. Production system. AGV. Logistics.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. C. **Projeto dinâmico de sistemas de produção orientados ao produto.** Tese (Doutorado em Engenharia e Produção de Sistemas), Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal, 2007.

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

AZEVEDO, B. M.; ERDMANN, R. H.; TRIERWEILLER, A. C.; BENTO, V. F.; **Análise do sistema de produção e dos fatores de competitividade em uma empresa do setor de mineração do sul do Brasil.** Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 9, n. 2, 2016.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial:** transportes, administração de materiais e distribuição física. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki, São Paulo: Atlas, 1993.

BARBOSA, M. F. N.; CÂNDIDO, G. A. **Práticas ambientais e suas relações com a competitividade e a sustentabilidade**: um estudo de caso em empresa agroindustrial. *Latin American Journal of Business Management*, 2013.

BERMAN, S.; SCHECHTMAN, E.; EDAN, Y. Evaluation of automatic guided vehicle systems. **Robotics and – Integrated Manuctering**, v. 25, n. 3, 2009.

BLACK, J. T. O. **Projeto da Fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
CAMPOS, V. F. **Gerenciamento por diretrizes**. 5. ed. Minas Gerais: Falconi Editora, 2013.

CHEUNG, Z.; HIGHT, R.; JACKSON, K.; PATEL, J.; WAGNER, F. **Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling**. DHHS Publication, 2007.

CHIAVENATO, I. **Iniciando à administração de materiais**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

CROWSOX, R. **Assembly Processes – Finishing, Packaging, and Automation**. New York: Taylor and Francis Group, 2006.

EMBRACO. **Cost Deployment**. WCM Central Team, Joinville, Vol. 1, 2011.

FARIA, A. N.; VIEIRA, V. S.; PERETTI, C. **Redução de custos sob a ótica da manufatura enxuta em presa de autopeça**. *Revista Gestão Industrial*, 2012.

FERRELLI, P.; MACHADO, R. R.; SILVA, R. G.; MOREIRA, W. A. **Redução de custo operacionais e condições inseguras em um almoxarifado após automatização de rotas internas**. V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção ConBRepro, Ponta Grossa, PR, Brasil, 2015.

HADERSPECK, J. **Carregado e pronto para trabalhar**: plataformas AGV inteligentes aumentam a eficiência. *Indústria de Bebidas*, agosto de 2013.

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

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

JACSON, R. H. F.; JONES, A. W. T. **“Na Architecture for Decision Making in the Factory of the Future”**. *Interfaces* 17, n. 6, 1987.

JONES, D. **Enxergando o todo, mapeando o fluxo de valor estendido**. SP – Brasil: Lean Institute Brasil, 2004.

KABIR, Q. S.; SUZUKI, Y. Increasing manufacturing flexibility through battery management of automated guided vehicles. **Computers & Industrial Engineering**, v. 117, 2018.

- KIM C. W.; TANCHOCO, J. M. A. **AGV dispatching based on workload balancing**, 1999.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota**: Manual de Aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- MARODIN, G.; ECKERT, C. P; SAURIN, T. A. **Avançando na implantação da logística lean**: dificuldades e resultados avançados no caso de uma empresa montadora de veículos; Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 12, n. 2, 2012.
- MARTINS, R. A.; SACOMANO, J. B. **Integração, Flexibilidade e Qualidade**: os caminhos para um novo paradigma produtivo. Gestão & Produção, v. 1, n. 2, 1994.
- MIKLIC, D.; BOGDAN, S.; KALINOVIC, L. **A control architecture for warehouse automation** – Performance evaluation in USARSim. In: 2011 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, 28, 2011, Shanghai. Proceedings. New York: IEEE.
- MONDÊGO, J. L. **Custos Logísticos**: Instrumento de Melhoria. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE, 2017.
- 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.
- NETLAND, H. T.; ASPELUND, A. **Company-specific production systems and competitive advantage**. International Journal of Operations & Production Management, v. 33, n. 11/12, 2013.
- NEUMANN, C. **Gestão de sistemas de produção e operações**: produtividade, lucratividade e competitividade. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2013.
- NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 4. Ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção, do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- ORTIZ, C. A. **Kaizen Assembly**: Designing, Constructing and Managing a Lean Assembly Line. New York: CRC Press, 2006.
- PARDO, P. **Custos logísticos**. Centro Universitário de Maringá. Núcleo de Educação a Distância, Maringá, 2011.
- RAY, S. **Introduction to Material Handling**. 1. ED. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers, 2008.

RESENDE, P. T. V.; SOUSA, R. S.; CESAR, R. V.; QUINTÃO, A.; FONSECA, F.; FRANCESCHINI, L. **Custos Logísticos no Brasil**, Fundação Dom Cabral, Núcleo de Logística, **Supply Chain e Infraestrutura**, 2017.

ROCHA, R. P. **Estado da arte da robótica móvel em Portugal**. Tese de mestrado, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2001.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e controle da produção**. 6ª ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

SANTOS, L.; NETO, M. S. N.; PRADO, E. **A viabilidade da implementação de AGVs em regiões portuárias**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 8, 2018, Ponta Grossa, PR. Anais. Ponta Grossa: CONBREPPO, 2018.

SANTOS, L. C.; LOUNINE, C. P.; SOUZA, E. C. S.; PEREIRA, K. G. **Otimização de sistemas de abastecimento de linhas de produção**: estudo de caso de uma empresa de produção de secadores profissionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7, 2017, Ponta Grossa, PR. Anais. Ponta Grossa: CONBREPPO, 2017.

SCOTT AUTOMATION; **AGV**, Automated Guided Vehicle, 2022. Disponível em: < <https://scottautomation.com/en/products/agv> > Acesso em: 01 jun. 2022.

SOUZA, J.; ROYER, R. **Implantação de um sistema AGV** – Veículo guiado automaticamente um estudo de caso. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP, Salvador, Bahia, Brasil, 2013.

SOUZA, Y. H. L.; THOMAZ, D. **Implantação de um sistema AGV em uma fábrica de autopeças**: veículo guiado automaticamente um estudo de caso. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC, 9, 2019, Palmas, TO. Palmas: CONTECC, 2019.

TINELLI, L. M. **Otimização do posicionamento de produtos acabados em armazéns inteligente**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.

TUBINO, D. F. **Manufatura enxuta com estratégia de produção**: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. 4ª ed. Rio de Janeiro, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking**: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. New York, USA: Simon & Schuster, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14^a ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YAGHOUBI, S. et al. Designing and Methodology of Automated Guided Vehicle Robots/Self Guided Vehicle Systems, Future Trends. **International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences**, Ahar, Outubro 2012.

YAMASHINA, H. **Logistics and Customer Service**. Kyoto University, Vol. 1, Kyoto, 2007.

ZINN, W. **Como reduzir custos através da logística**. Revista tecnológica, Julho/Agosto, 1995.