



XXVI CREEM

Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica

ILHÉUS/ITABUNA - BAHIA



XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica,
CREEM 2019
19 a 23 de agosto de 2019, Ilhéus, BA, Brasil

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA VEÍCULO GUIADO AUTOMATICAMENTE (*AUTOMATIC GUIDED VEHICLE* – AGV) EM UMA FÁBRICA DE AUTOPEÇAS – UM ESTUDO DE CASO

Yago Hilario Lopes Souza, yagohls93@gmail.com¹

¹Universidade de Araraquara, R. Carlos Gomes, 1338 - Centro, Araraquara - SP, 14801-320

Resumo: *O presente trabalho apresenta um estudo de caso com objetivo da implantação de um Veículo Guiado Automaticamente (Automatic Guided Vehicle - AGV), em uma empresa de autopeças situada no interior do estado de São Paulo. O mesmo tem como objetivo expor os benefícios desta nova tecnologia para o processo industrial. Foram comparados os custos do modelo atual e os de implantação do AGV para uma análise de viabilidade do modelo com ênfase em redução de custo. Após a análise dos resultados foi possível identificar um resultado quantitativo no que se diz respeito a custos, proporcionando agilidade, organização e segurança ao processo. Assim mostrando que a Indústria 4.0 e suas tecnologias avançadas irão trazer grandes benefícios.*

Palavras Chave: *AGV. Indústria 4.0. Logística. Custos.*

1 INTRODUÇÃO

Considerando os novos recursos tecnológicos, a concorrência vigente entre as indústrias e a multinacionalização dos mercados, tem-se que cada vez mais o foco está voltado para a redução de custos. As margens para erros nas empresas ficam cada vez mais estreitas, como uma consequência de padrões de qualidade cada vez maiores (DEUS, 2009).

A indústria 4.0, ou quarta revolução industrial, refere-se à revolução tecnológica mais recente e que ainda está em curso. Essa revolução é marcada pela utilização de sistemas cibernéticos, inteligência artificial, internet das coisas e energias renováveis nos processos produtivos (FURTADO et al., 2017).

Sendo assim, percebe-se que sempre que for viável adotar um sistema do tema Indústria 4.0, que execute esta atividade de forma eficiente, será possível reduzir custos de fabricação, podendo assim utilizar a mão de obra dos colaboradores em outras atividades que sejam realmente necessárias para a girar a produção da empresa (SOUZA e ROYER, 2013).

A aplicação do recurso dos colaboradores deve ser guiada ao setor de desenvolvimento de ofício que agregam valor ao produto. Por exemplo, o transporte de materiais realizado pelos colaboradores entre o estoque e a linha de produção, pode ser visto como uma tarefa clássica da falta de valor agregado ao produto (SOUZA e ROYER, 2013).

Um melhor aproveitamento da mão de obra e a potencialização da metodologia de movimentação de materiais, podem ser recursos indispensáveis para o aumento da competitividade. A redução de estoque e o uso do fluxo unitário de peças aumenta a exigência de confiabilidade e velocidade na logística de materiais (MARODIN et al., 2010).

Baseado nesse conceito, o presente estudo visou desenvolver a projeção da implantação de um sistema de movimentação de materiais a partir de veículos guiados automaticamente em uma fábrica de autopeças localizada no interior do estado de São Paulo.

O desenvolvimento visou a obtenção de melhorias no processo produtivo dessa unidade fabril, visto que um dos problemas encontrados atualmente na fábrica consiste na falta de um sistema de automação para movimentação de materiais. O sistema atual empregado é de alto custo, pois requer locação de empilhadeiras e mão de obra especializada, além de apresentar problemas de segurança no ambiente da fábrica.

Os custos referentes a implantação do AGV foram comparados com os custos que a empresa possui com o sistema atual. O objetivo consistiu em apresentar a viabilidade monetária da implementação deste tipo de tecnologia para essa determinada empresa do segmento de autopeças.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo deste artigo baseia-se em três tópicos: Indústria 4.0, Movimentação de Materiais e Veículo Guiado Automaticamente (*Automatic Guided Vehicle* - AGV).

2.1 Indústria 4.0

O termo “Indústria 4.0” é utilizado para citar a 4ª revolução industrial, o mesmo surgiu em Hannover na Alemanha em uma feira de associação de executivos de negócios, políticos e acadêmicos, promoveu a ideia para fortalecimento da

indústria alemã, trazendo um grande salto em competitividade por meio de aplicações de novas tecnologias no ambiente de manufatura (KAGERMANN et al., 2011 apud HERMANN et al., 2015).

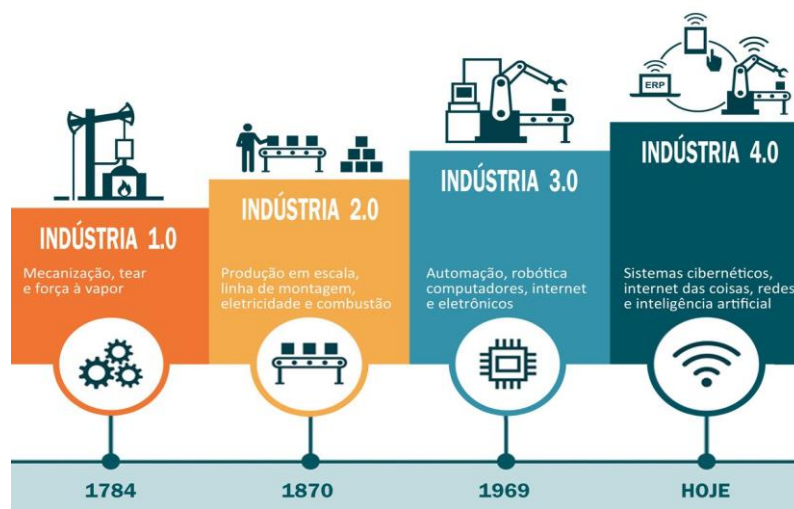
Antes desse marco não se deve deixar de salientar as 3 revoluções anteriores que causaram um grande impacto no mundo. A primeira revolução surgiu na Inglaterra no final do século XVIII e início do século XIX e foi marcada pela mecanização da produção, concedida pelo lançamento da máquina a vapor (ARRUDA, 1976).

Já em 1870, com a aplicação da elétrica, química, petróleo e aço e o fracionamento do trabalho, deu início à segunda revolução industrial (DATHEIN, 2003).

A terceira revolução, também conhecida como “Revolução Digital”, iniciou-se nos meados do século XX, correspondendo aos processos de inovações em campos da informática e produção. Sendo assim a eletrônica avançada e a tecnologia da informação foram desenvolvendo ainda mais a automação no processo fabril (MEDEIROS e ROCHA, 2002).

A figura 01 apresenta as evoluções da indústria ao longo da história.

Figura 01. Avaliação da maturidade digital na indústria 4.0 (Perin, 2019)



Diante desses marcos, pode-se abranger em paralelo as transformações portadas pela Indústria 4.0, prometendo transformar significativamente a face da economia das empresas: avanço significativo em novas fontes de energias renováveis, *smart grid* e veículos autônomos (FURTADO et al., 2017).

Cabe ressaltar que o principal e primeiro objetivo da Indústria 4.0 consiste no aumento da produtividade através da otimização e automação do processo, em outras palavras redução de custo e perdas, aumento da lucratividade, automatização do processo fabril para prevenção de erros humanos e atrasos, aumento da produção com foco na velocidade do processo (FURTADO et al., 2017).

Alguns passos que aumentam a eficácia do processo são: Diminuição das paradas na linha de produção; Aperfeiçoamento no uso de ativos; Redução de custo da montagem do ativo; Progresso/Melhoria da produção (FURTADO et al., 2017).

2.2 Movimentação de Materiais

O uso da tecnologia de informação na logística de armazenamento é essencial para um mercado cada vez mais competitivo. O uso da mesma pode reduzir o tempo de resposta e aumentar a eficiência no uso do espaço físico e na movimentação de materiais (MACHADO e SELLITO, 2012).

A movimentação de materiais não é ciência exata, onde há um manual com regras e procedimentos padrões para se chegar a uma otimização, sendo que devesse realizar um estudo específico para cada caso, para as situações mais variadas (DOMINGO et al., 2007).

O objetivo do estudo da movimentação de materiais é transportar e estocar os materiais durante todo o processo, com o máximo de eficiência e números mínimos de transferências, eliminando movimentações que não agregam valor ao produto (MOURA, 2005).

Segundo Ray (2008), diversas empresas estão encontrando na automação uma vantagem competitiva para melhorarem seus processos produtivos e logísticos. Ainda segundo o autor, com uma melhor movimentação de materiais, pode-se citar algumas vantagens: economia de espaço, maior eficiência, redução de fadiga, segurança, capacidade produtiva e até satisfação no trabalho.

2.3 Veículo Guiado Automaticamente (*Automatic Guided Vehicle - AGV*)

Segundo Atlee (2011), o AGV é uma tecnologia proveniente da indústria 4.0 que conta com várias vantagens em relação à tecnologia atual. A utilização desse sistema proporciona maior segurança, eficácia e custos fixos mais baixos.

O AGV consiste em um veículo elétrico autônomo e programado, que conta com sensores ópticos para sua movimentação, sendo esses de rádio frequência ou laser. O AGV conta ainda com sensores ultrassônicos por todos os lados, sendo capaz de prevenir acidentes, problema corriqueiro nas fábricas, causados por falta de atenção ou excesso de velocidade (HAMMOND, 1986).

Outra vantagem que o AGV traz é a de realizar trabalhos ininterruptos, gerando maior velocidade ao processo, podendo assumir diversos modelos e sendo capaz de carregar uma diversidade de produtos (KIN e TANCHOCO, 1999).

Um dos pontos mais favoráveis do AGV consiste na preservação do meio ambiente, pauta importantíssima nos dias de hoje, sendo que o mesmo é elétrico e portanto, não emite poluentes. Além disso, traz ainda vantagens ergonômicas, como menor geração de ruídos (KIM e TANCHOCO, 1999).

Outro ponto do AGV que deve ser ressaltado, é com relação a não haver a necessidade de um funcionário com treinamento e habilidades específicas para controle do mesmo, mais uma vez reduzindo custos e gerando maior segurança. Além disso, tem-se a capacidade de maior controle sobre o mesmo, sendo que a programação do veículo pode ser feita totalmente sobre medida para o processo (KIM e TANCHOCO, 1999).

A figura 2 apresenta o modelo do AGV usado na proposta desse trabalho.

Figura 02. AGV *Narrow Aisle* JBTC (JBTC, 2019)



3 METODOLOGIA

Este estudo 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 de um sistema de veículo guiado automaticamente.

3.1 Estudo de Caso

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.

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 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.

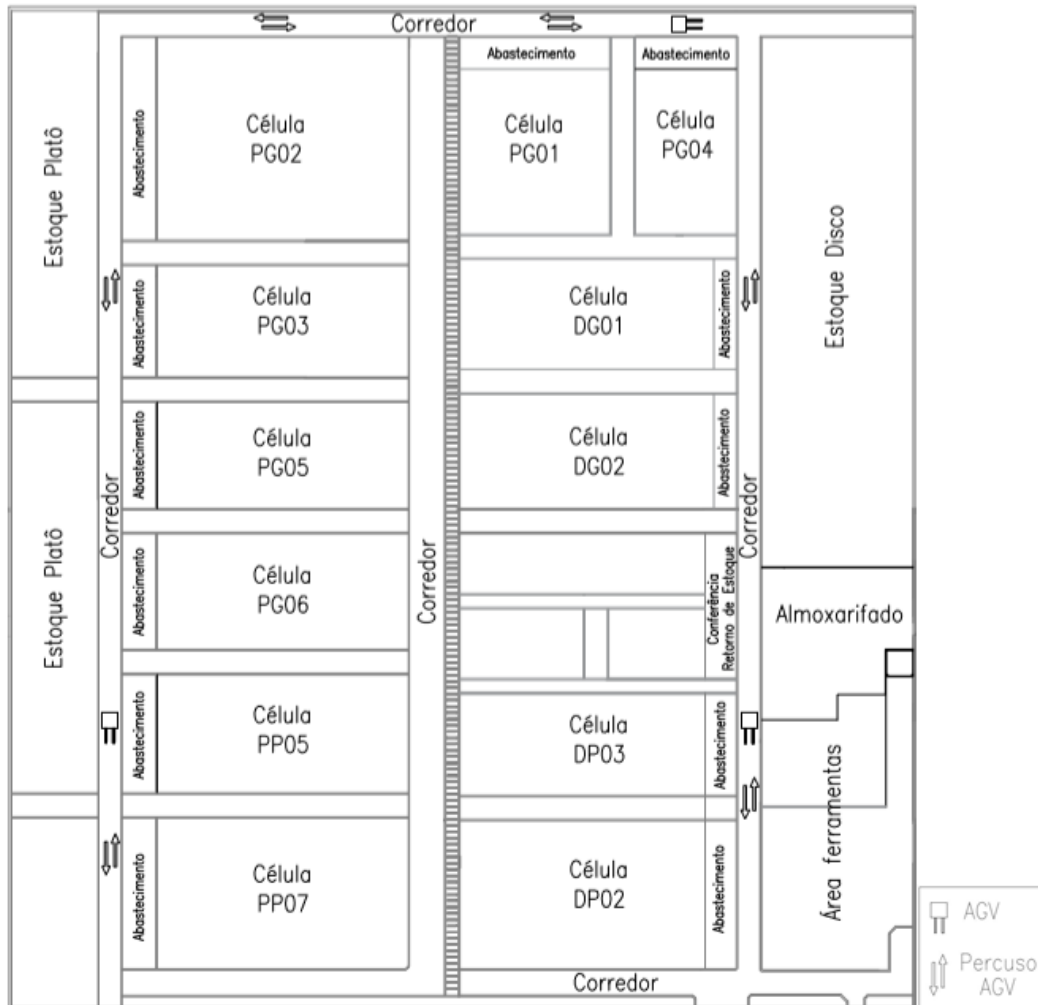
Com esses dados foi possível estimar a necessidade de AGVs para abastecimento das linhas, através de uma estimativa de número de viagens necessárias. Após a coleta de dados, foi possível analisar e comparar os modelos, atual e proposto.

4 RESULTADOS

4.1 Layout da área fabril

A figura 3 apresenta o layout da fábrica onde ocorreu o estudo de caso. 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.

Figura 03. Layout da área fabril.



Fonte: Próprio autor.

4.2 Modelo de movimentação de peças atual

4.2.1 Operacionalidade

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 de peças para cada produto e produção diária para dois turnos.

No atual modelo, são utilizadas as empilhadeiras para a busca das 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.

4.2.2 Indicadores produtivos

A tabela 1 apresenta o cálculo do número de viagens necessárias para o abastecimento das linhas produtivas para um dia de trabalho. Baseado nos dados de produtividade diário tem-se que o um único AGV modelo *Narrow Aisle* da empresa JBT de porte grande atende à demanda da empresa.

Tabela 1. Indicadores produtivos

Item	Quantidade
Produção diária média (peças)	7692
Nº de componentes por peça acabada	18
Demanda diária (componentes)	138462
Estimativa de viagens diárias necessárias	36
Nº de AGVs necessário para atender a demanda	1

Fonte: Próprio autor

4.2.3 Custos

A tabela 2 descreve os custos de locação das empilhadeiras e a mão de obra, bem como os turnos de operação. O modelo atual utiliza 2 empilhadeiras elétricas, com um funcionário para cada uma. A empresa trabalha em dois turnos, sendo necessários 4 funcionários e 2 máquinas. O custo com mão de obra equivale a 68,5% (R\$ 249.600,00) do custo total anual (R\$ 364.405,68), enquanto o custo com locação equivale a 31,5% (R\$ 114.805,68).

Tabela 2. Custos e informações sobre o modelo de movimentação de peças atual

Item	Quantidade	Turnos	Valor anual
Locação de empilhadeira	2	1	R\$ 114.805,68
Mão de obra	2	2	R\$ 249.600,00
Total			R\$ 364.405,68

Fonte: Próprio autor

4.3 Modelo de movimentação de peças proposto

4.3.1 Operacionalidade

O modelo proposto visa atender a demanda acima (Tabela 1), baseando-se no percurso descrito na figura 3. O percurso que o veículo deve fazer está marcado na figura nos corredores externos, sinalizado pelas setas. O mesmo deve retirar caixas que estão posicionadas em prateleiras (estoques) e levá-las até as linhas produtivas (abastecimento). A operação hoje acontece com as empilhadeiras, sendo mantido o manual de operações atual da empresa, reduzindo possíveis complicações com a implantação do novo modelo.

4.3.2 Custos

A tabela 3 descreve os custos totais para a compra do AGV, mais os custos fixos de manutenção anual. O valor de compra do AGV representa aproximadamente 88% do valor gasto anualmente com mão-de-obra e aluguel das empilhadeiras. O custo fixo que o modelo proposto traz (inexistente atualmente) é baixo perante o montante gasto atualmente (8%).

Tabela 3. Custos gerais para implantação do AGV

Item	Custo
------	-------

Custo de compra do AGV	R\$ 289.444,00
Manutenção anual (custos fixos)	R\$ 30.000,00
Total	R\$ 319.444,00

Fonte: Próprio autor

4.4 Viabilidade econômica de implantação do sistema com AGV

A tabela 4 apresenta o custo anual gasto com o sistema de movimentação atual 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.

O valor gasto anualmente com o sistema atual é da ordem de R\$ 364.405,68, enquanto que para implantação do novo sistema seria necessário um investimento no primeiro ano de R\$ 319.445,00 e nos anos subsequentes um gasto com manutenção de aproximadamente R\$ 30.000,00.

A implantação do novo sistema proporcionará à empresa uma redução no valor gasto anualmente de R\$ 44.960,68 (no primeiro ano), sendo que a partir do segundo ano o valor economizado aumentaria para R\$ 334.405,68.

Tabela 4. Custos do sistema atual e sistema AGV

Ano	Custos		Diferença (atual - proposto)
	Sistema atual	Sistema proposto	
Primeiro	R\$ 364.405,68	R\$ 319.445,00	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

Fonte: Próprio autor

Para definição do fluxo de caixa acumulado e fluxo de caixa descontado acumulado foram considerados um projeto de dois anos, uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 20% ao ano, um custo anual do sistema atual de R\$ 364.405,68 e um investimento para implantação do sistema com AGV de R\$ 319.445,00.

Baseado nessas informações tem-se um fluxo de caixa acumulado, referente ao primeiro ano de R\$ 303.671,40 positivo e o fluxo de caixa descontado acumulado da ordem de R\$ 15.733,60 negativo, ou seja, esses valores indicam que a implantação do novo sistema proporcionará um déficit em relação ao sistema atual de R\$ 15.733,60 no primeiro.

Tabela 5. Fluxo de caixa do investimento no sistema AGV

	Anos		
	0	1	2
Fluxo de caixa	-R\$ 319.445,00	R\$ 364.405,68	R\$ 334.405,68
Fluxo de caixa descontado	-R\$ 319.445,00	R\$ 44.960,68	R\$ 379.366,36
Fluxo de caixa acumulado	-R\$ 319.445,00	R\$ 303.671,40	R\$ 232.226,17
Fluxo de caixa descontado acumulado	-R\$ 319.445,00	-R\$ 15.773,60	R\$ 216.452,57

Fonte: Próprio autor

A tabela 6 apresenta a soma dos valores do fluxo de caixa acumulado ou valores presentes (VPs) referentes aos anos 1 a 2 que foi da ordem de R\$ 535.897,57, além do valor presente líquido (VPL) que foi de R\$ 216.452,57 e a taxa interna de retorno (TIR) de 74,18%.

O VPL, que consiste na diferença entre o VPs e o investimento inicial, deve ser positivo e a TIR deve apresentar um valor superior ao da TMA para que o projeto seja aprovado. Portanto, baseado nos dados obtidos (VPs de R\$ 535.897,57 e TIR de R\$ 74,18%) a viabilidade econômica do projeto foi comprovada e o mesmo aprovado.

Tabela 6. Tabela de fluxo de caixa do investimento no sistema AGV

Item	Valores
------	---------

Soma dos Valores Presentes (VPs)	R\$ 535.897,57
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 216.452,57
Taxa Interna de Retorno (TIR)	74,18%

Fonte: Próprio autor

A tabela 7 demonstra os *payback* simples e descontado, sendo o primeiro de 11 meses e o segundo de 1 ano e 1 mês. Os valores obtidos indicam que o investimento de R\$ 319.445,00 utilizado para implantação do sistema de movimentação de peças com AVG será recuperado entre 11 meses e 1 ano e 1 mês.

Tabela 7. *Payback* do investimento

Payback	Ano	Mês
Simple	0	11
Descontado	1	1

Fonte: Próprio autor

4.5 Comparação entre o modelo de movimentação de peças atual e o proposto

Como pode-se observar, os custos totais para a compra e manutenção anual do AGV são inferiores aos custos anuais de aluguel e mão-de-obra do modelo atual. 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 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizado um estudo para verificar a viabilidade técnica e econômica da substituição de um sistema de movimentação de peças com empilhadeiras utilizado por uma empresa de autopeças, por um sistema com AGV e os 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. O sistema com AGV requer um menor número de funcionários quando comparado com o sistema com empilhadeiras.

O custo do AGV é alto, porém o retorno do investimento é rápido. O *payback* simples e descontado para o presente projeto apontam retorno entre 11 meses e 1 ano e 1 mês. O estudo apresentou um VPL positivo e a TIR com valor superior ao da TMA, indicativos de que o projeto é viável economicamente.

Portanto, é possível concluir que a implantação do sistema com AGV apresentou-se técnica e economicamente viável, indicativo de que no mercado atual, é essencial que as empresas continuem buscando se reinventarem através de novas tecnologias produtivas, pois a inércia neste caso, pode resultar na perda de mercado.

A necessidade constante da redução de custos e segurança no trabalho, causados por uma competitividade crescente, fruto da globalização dos negócios, tem estimulado as empresas a buscarem alternativas para alcançarem seus resultados. Pensando nesse aspecto, o uso da indústria 4.0 é de grande valor atualmente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, J. J. de A. História moderna e contemporânea. 6ª Edição. São Paulo: Editora Ática S.A., 1976.
- ATLEE, J. Selecting safer building products in practice. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, p. 459 e 463, 2011.
- DATHEIN, R. Inovação e revoluções industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. DECON/UFRGS, Porto Alegre, Fevereiro 2003.
- DEUS, A. D. Uma abordagem para implementação de qualidade assegurada no fornecimento, baseada em análise de capacidade: um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo. *Revista Produção Online*. Florianópolis, SC, v. 09, n. 4, p. 822-847, 2009.
- DOMINGO, R.; ALVAREZ, R.; PEÑA, M. Melodia; CALVO, Roque. Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study. In: *Assembly Automation*, v. 27, n. 2, p. 141-147, 2007.
- FURTADO, J.; PINHEIRO, H.; URIAS, E.; MUÑOZ, D. Indústria 4.0: A quarta revolução industrial e os desafios para a indústria e para o desenvolvimento brasileiro. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. 2017.
- HAMMOND, L. *AGVs at work*. IFS Publications Ltd., UK. 1986.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Business Engineering Institute St. Gallen, Lukasstr. 4, CH-9008 St. Gallen, 2015.

SOUZA, Y.H.L.

Implantação de um sistema veículo guiado automaticamente (*automatic guided vehicle – agv*) em uma fábrica de autopeças – um estudo de caso

JBTC, 2019 “*Narrow Aisle*”. 29 maio. 2019 < <https://www.jbtc.com/en/north-america/automated-systems/products-and-applications/products/forked-agvs/narrow-aisle>>.

KIM C.W; TANCHOCO, J.M.A. *AGV dispatching based on workload balancing. International Journal of Production Research, Volume 37 – Issue 17*, 1999.

MACHADO, A; SELLITTO, M. A. Benefícios da implantação e utilização de um sistema de gerenciamento de armazéns em um centro de distribuição. *Revista Produção Online*. Florianópolis, SC, v. 12, n. 1, p. 46-72, jan./mar. 2012.

MARODIN, G; ECKERT, C. P; SAURIN, T. A. Avançando na implantação da logística interna lean: dificuldades e resultados alcançados no caso de uma empresa montadora de veículos. *Revista Produção Online*, Florianópolis, SC, v. 12, n. 2, p. 455-479, abr./jun. 2012.

MEDEIROS, S. M.; ROCHA, S. M. M. Considerações sobre a terceira revolução industrial e a força de trabalho em saúde em Natal. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências da Saúde, Petrópolis, Natal, RN. 2002.

MOURA, R. A. *Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenamento de Materiais*. 5ªEd. rev. São Paulo: Imam, 2005.

PERIN, C. 2019 “Indústria 4.0: Qual o grau de maturidade digital da sua empresa?”. 26 maio. 2019 <<https://claudioperin.com.br/industria-4-0-qual-o-grau-de-maturidade-digital-da-sua-empresa/>>.

RAY, S. *Introduction to Material Handling. 1. ED. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers*, 2008.

ROMANO, M. Saiba quais os 7 principais benefícios da indústria 4.0 para os negócios. Disponível em: <<https://www.logiquesistemas.com.br/blog/beneficios-da-industria-40/>>. 10 maio, 2019.

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

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas nesse trabalho.