Desenvolvimento de Sistema Eletro-Hidráulico de Movimentação Para Elevadas Cargas no Setor Industrial



FERNANDO SCHMITZ SMOKOVICZ

INSTITUTO LACTEC

RESUMO

Os sistemas eletros-hidráulicos vêm sendo aplicados nos mais diversos segmentos industriais. O presente trabalho apresenta o emprego desse sistema em um veículo de grande importância para a indústria, o que realiza o transporte diário de elevadas cargas, que podem chegar a 40 toneladas. Os testes foram feitos com a movimentação de cargas de 23 toneladas e 39,9 toneladas. Também foram realizado o teste de pressão no sistema eletro-hidráulico em ambas as cargas. Obteve ganho na mobilidade devido à eliminação da máquina de traciona mento do outro veículo. Ocorreram ganhos na ergonomia sem a necessidade de dois operadores para encaixar o veículo na máquina, posto que o equipamento possa trabalhar em período constante de até 2 horas e 15 minutos intermitentes, sem precisar carregar as baterias. Por conseguinte, o emprego do sistema eletro-hidráulico é seguro e eficaz para movimentar cargas elevadas específicas, auxiliando as indústrias quando não conseguirem fazer essa transferência por outro equipamento.

Palavras chave: Automação Eletro-hidráulico. Veículo industrial. Cargas elevadas. Sistema Eletro-hidráulico.

ABSTRACT

The electro-hydraulic systems have been applied in the most diverse industrial segments. The present work presents the use of this system in a vehicle of great importance for the industry, which carries out the daily transport of high loads, which can reach 40 tons. The tests were carried out with the handling of loads of 23 tons and 39.9 tons. The pressure test was also carried out on the electro-hydraulic system at both loads. It gained mobility due to the elimination of the tractor from the other vehicle. There have been gains in ergonomics without the need for two operators to fit the vehicle into the machine, since the equipment can work on a constant period of up to 2 hours and 15 minutes intermittently without having to charge the batteries. Therefore, the use of the electro-hydraulic system is safe and effective for handling specific high loads, assisting industries when they can not make such a transfer by other equipment.

Key Words: Electro-hydraulic automation. Industrial vehicle. High loads. Electro-hydraulic system.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas hidráulicos para movimentação de cargas apresentam uma grande possibilidade de aplicação na indústria e nas empresas de distribuição. Nos últimos anos, houve um interesse muito grande no desenvolvimento de tecnologias aplicadas para construção de veículos guiados automaticamente, para utilizá-los na movimentação de cargas.

De acordo com Felício (2010) os sistemas hidráulicos estão entre os mais utilizados. Suas aplicações são amplas, pois reúnem propriedades como sensibilidade, precisão, rigidez, velocidade, força, potência e alta capacidade de controle. Por estas razões, são utilizados em acionamentos e automação nas áreas automotiva, aeroespacial, militar, naval, agrícola, mecânica, entre outras.

Kumar, Amit. (2014), descreve que os avanços das tecnologias robóticas, nos ambientes industriais estão adotando cada vez mais tecnologiasde automação para melhorar a qualidade e precisão do produto e, com isto, reduzir o custo do produto. Com a melhoria destas tecnologias os veículos atuais apresentam uma grande evolução na redução de riscos de acidentes, tempos de translados e consumo de energia.

O sistema eletro-hidráulico de movimentação para um veículo industrial que movimenta cargas elevadas pode ser aplicado a um veículo especifico, fabricado para transportar pesos que podem chegar a 40 ton. Este é fabricado com sistema elétrico de movimentação que, com o tempo, degradado forçando a utilização do sistema manual. Então, necessita-se de outra máquina para realizar o trabalho, comprometendo a mobilidade e a ergonomia.

Linsingen (2003) define que um sistema hidráulico é um conjunto de elementos físicos convenientemente associados que, utilizando um fluido com meio de transferência de energia, permite a transmissão e controle de forças e movimentos.

Um veículo industrial formado por sistema de movimentação elétrico ou eletro-hidráulico é fabricado com diversas características, sendo essas características muito especificas, porque sempre irá depender da carga com as dimensões de cada produto que a indústria fabrica, e o veículo citado nesta dissertação, tem as seguintes dimensões: comprimento de 4,5 m, largura de 2, m e altura de 8,95 m, a FIGURA 1 apresenta o veículo utilizado com sistema de movimentação manual e carga específica.



FIGURA 1: VEÍCULO INDUSTRIAL COM SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO MANUAL MOVIMENTANDO UMA CARGA ESPECIFICA.
FONTE: Autor (2017).

2. MODELAGEM DO SISTEMA

O veículo possui uma plataforma de madeira, seis rodas com eixos acoplados em cardam, uma haste de ferro para que seja acoplado em empilhadeira e assim puxado. Por instabilidade, insegurança e tempo de operacional disponível, torna o processo totalmente ineficaz.

O esquema existente conforme mostra a FIGURA 2, está dividida da seguinte forma.

- Carga a ser transportada;
- Carro industrial;
- Empilhadeira;
- Curvas.

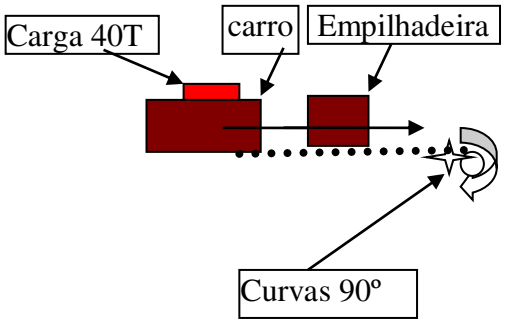

FIGURA 2: ESQUEMA DA PLANTA.
FONTE: Autor (2017).

A empilhadeira puxa o carro com a carga sobre ele, movimentando para diferentes áreas dentro da indústria, precisando fazer muitas vezes curvas de até noventa graus, dificultando a fazer o movimento necessário e rápido, devido à incerteza do sistema e segurança na movimentação da carga sendo esse sistema puxado pela empilhadeira.

2. 1 Modelo de sistema hidráulico

Sistemas hidráulicos são os movimentos, a transmissão e o controle de forças mediantes líquidos.

As características de um sistema hidráulico são:

- Velocidade variável-através da válvula reguladora de fluxo;
- Reversibilidade através da válvula direcional;
- Parada instantânea-através de válvulas direcionais;

- Proteção contra sobrecarga-através da válvula de segurança ou limitadora de pressão;
- Dimensões reduzidas.

Para possibilitar o controle do sistema proposto, o sistema irá constar de válvulas direcionais, válvula reguladora de pressão, limitadoras de pressão, unidade centralina, bomba hidráulica e motor hidráulico, a FIGURA 3 descreve um sistema hidráulico para movimentação.

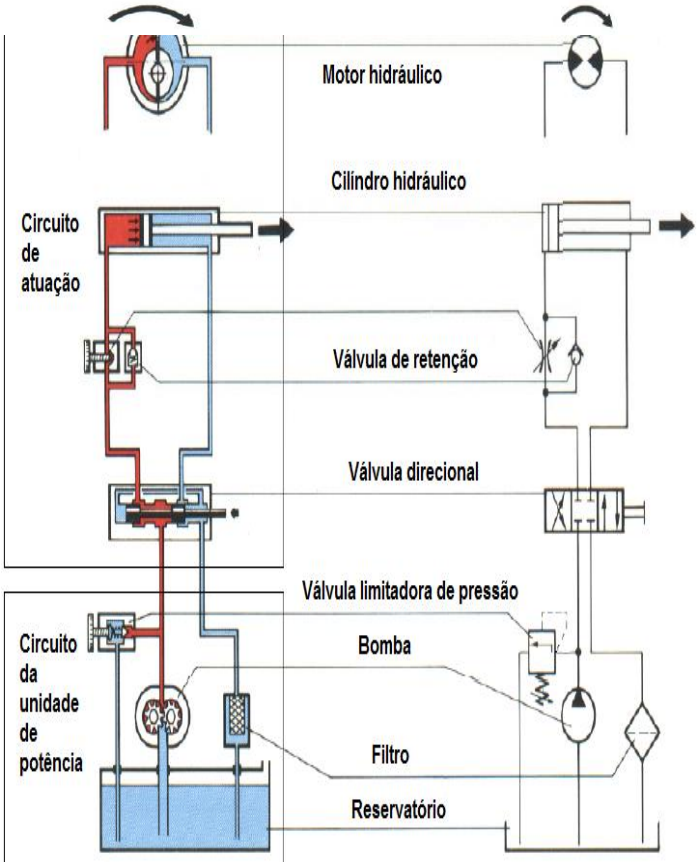

FIGURA 3: SISTEMA HIDRÁULICO PARA MOVIMENTAÇÃO.
FONTE: DE NEGRI (2005).

3. PROJETO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO

O sistema proposto pretende eliminar a imprecisão de parada, substituindo o sistema puramente mecânico por sistema hidráulico conforme descreve a figura 3, fazendo que haja parada instantânea, reversão de direção, velocidade variável, proteção contra sobrecarga de sistemas, economia no consumo de energia, pois haverá apenas um motor para a unidade centralina e alguns dispositivos de segurança como scanner e sinalizadores sonoros e luminosos. O sistema pretende garantir o perfeito funcionamento

de movimentação de carga, fazendo-a que a mesma possa ser transportada em linha reta ou fazendo curvas de até noventa graus. A FIGURA 4 representa o diagrama de bloco do sistema em malha aberta.

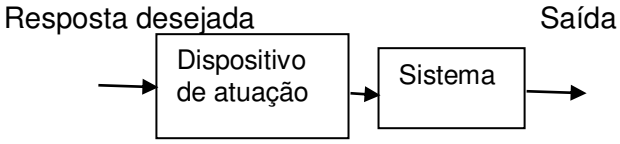

FIGURA 4: SISTEMA EM MALHA ABERTA.
FONTE: Autor (2017).

Como parâmetro de desempenho para a malha irá ser adotado válvulas reguladoras de fluxo, para que o sistema tenha uma resposta de velocidade crescente, porém lenta devido a quantidade de massa a qual deve sustentar sem movimentos bruscos de partida ou parada para evitar danos ao material.

4. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho lançou-se mão de uma pesquisa experimental com suporte de pesquisa bibliográfica.

Para a fundamentação teórica são utilizados artigos e livros que abordam o assunto apresentado.

Nos trabalhos correlatos são estudados os projetos alternativos, publicados em artigos, periódicos e comunicação em anais de congressos.

No desenvolvimento do estudo são utilizadas ferramentas computacionais para o desenvolvimento da documentação, através de *software* como exemplo: Excel para gráficos, *fluid sim* para desenvolvimento do projeto hidráulico e *eeplan* para desenvolvimento do projeto elétrico.

No desenvolvimento da dissertação, são aplicadas as bases do conhecimento levantadas nas etapas anteriores, descrevendo o sistema eletro-hidráulico desenvolvido e adaptando em um sistema de movimento de um veículo que movimenta carga.

Por fim, os testes e análise de resultados serão realizados com o veículo movimentando a carga, para verificar o desempenho, mobilidade e ergonomia do mesmo.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados os seguintes instrumentos de medição, materiais, bem com software e aplicativos web, conforme lista a seguir:

- Estrutura do veículo antigo.
- Unidade hidráulica marca Tudor.
- Tubo flexível diâmetro interno de 1\2” e 3\4”, para pressões de até 206 bar.
- Motor hidráulico marca Rexroth modelo MPH 400 CB 35 e MPT 500 C40.
- Bomba hidráulica de pistão marca Rexroth modelo M4PV28.
- Bomba hidráulica de engrenagem marca STM modelo 6 cm³.
- Controle por rádio frequência marca IKUSI modelo R70/XX.
- Sensor óptico marca Sick modelo S3000.

Como procedimentos metodológicos de pesquisa para a realização do dimensionamento proposto definiu-se o seguinte:

Identificou-se a fundamentação teórica pertinente através dos conceitos necessários para montar um sistema eletro-hidráulico.

Identificou-se os componentes eletro-hidráulico comparado aos parâmetros de potência existente no sistema elétrico montado antigamente no veículo.

Definiram-se os componentes eletro-hidráulico através de catálogos e fabricantes disponível.

A pesquisa experimental abrangeu as seguintes etapas subsequentes:

- Carga
- Estrutura
- Potência
- Motores
- Sistema de movimentação
- Sistema de alimentação
- Sistema de controle
- Baterias
- Definição do método de testes e ensaios no equipamento desenvolvido.

6. TESTES E RESULTADO

O *joystick* realiza a interação entre o operador e o veículo através dos acionamentos estabelecidos no comando do mesmo. Os sensores de segurança não atuando, o veículo se movimenta no interior da fábrica para qualquer direção. O diagrama de caso é demostrado na FIGURA 5.

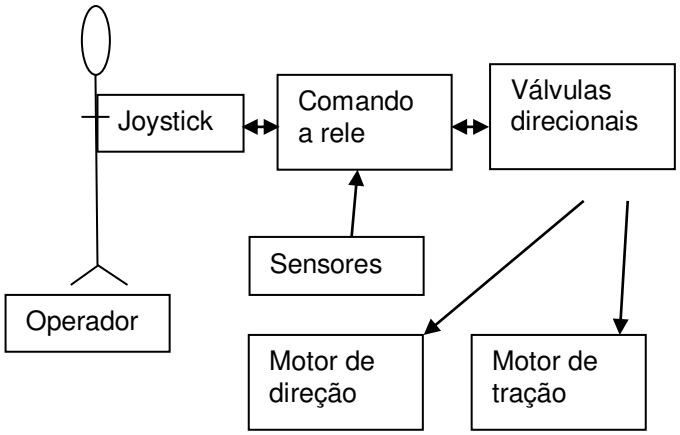

FIGURA 5: CASO DE USO ENTRE OPERADOR E SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO
FONTE: Autor (2017).

No teste de movimentação o veículo percorreu uma distância de 10 m com carga de 39,9 ton em dois níveis de velocidade de movimentação linear e pressão no sistema hidráulico, não ultrapassando o especificado no sistema que é de 140 bar e outra de 120 bar. O gráfico da FIGURA 6 e 7 demonstra a variação da pressão hidráulica no percurso de 10 m a uma velocidade de 170 mm/s.

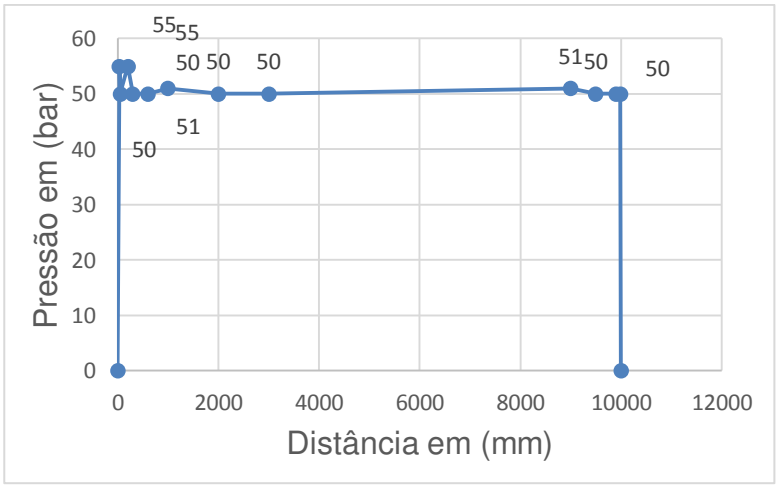

FIGURA 6: CARGA DE 39,9 ton VELOCIDADE CONSTANTE DE 170 mm/s
FONTE: Autor (2017).

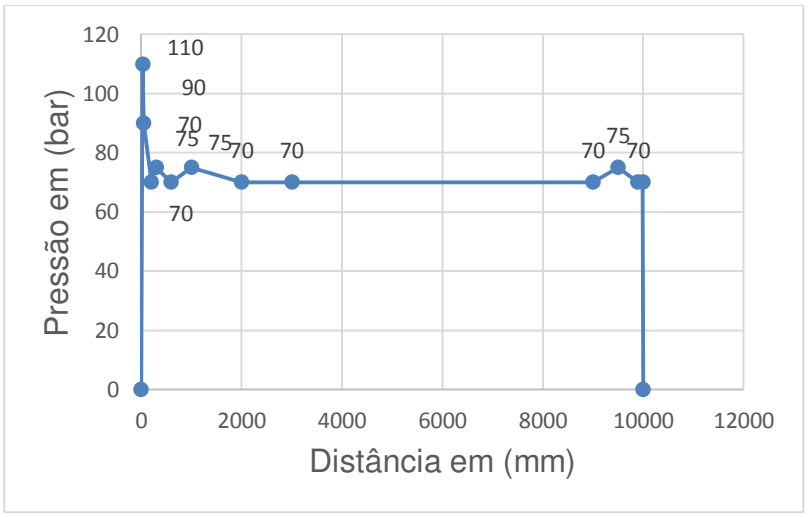

FIGURA 7: CARGA DE 39,9 ton VELOCIDADE CONSTANTE DE 349 mm/s

FONTE: Autor (2017).

No gráfico da FIGURA 6 e 7 é possível ver que o veículo cumpriu o trajeto programado partindo da posição zero até a final de dez metros. A velocidade se manteve constante em todo o trajeto, havendo pequena variação na pressão devido a deformidade no piso, de 150 mm de diâmetro por uma profundidade de 2 mm. Essa se manteve constante devido ao alto tempo de resposta dos motores hidráulicos que, saindo da inércia e atingindo a velocidade constante, a variação é praticamente nula.

Para este teste de curva demostrado no gráfico da FIGURA 8 e 9 com velocidades diferentes e pesos iguais, o veículo deve realizar uma curva de 90º durante a movimentação de avanço e uma curva de 90º no movimento de retorno.

Com as características do movimento de 7 m em linha reta por 2m em L transportando uma carga de 39,9 ton, em apenas um nível de velocidade de 170 mm/s verificando as condições de pressão no circuito geral de hidráulica.

O objetivo é manter a direção nas curvas sem perder a velocidade e executar o retorno em direção oposta para mostrar que o veículo é capaz de executar o movimento padrão por repetidas vezes.

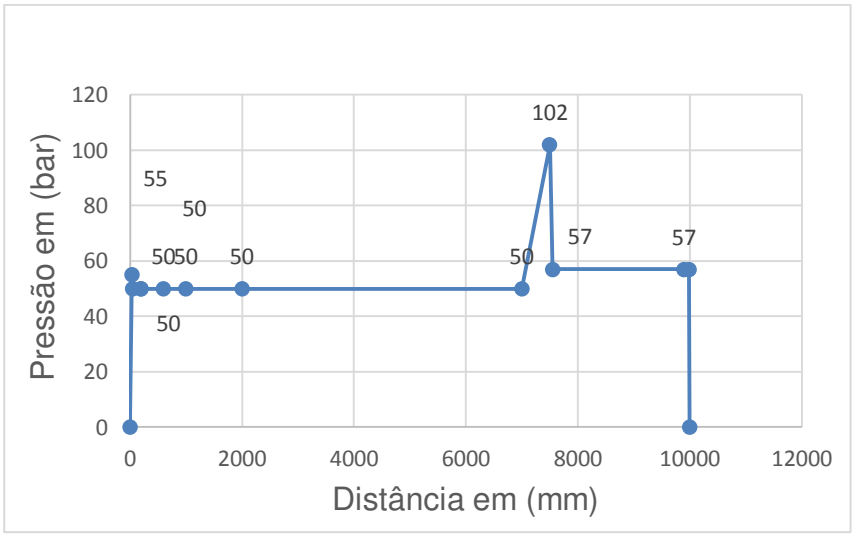

FIGURA 8: CARGA DE 39,9 ton TRAÇÃO E DIREÇÃO COM VELOCIDADE DE 170 mm/s
FONTE: Autor (2017).

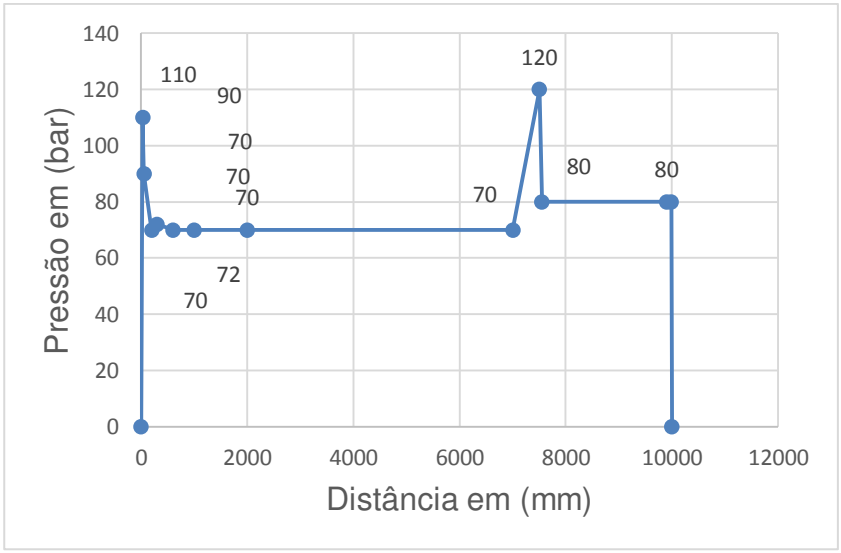

FIGURA 9: CARGA DE 39,9 ton TRAÇÃO E DIREÇÃO COM VELOCIDADE CONSTANTE de 349 mm/s
FONTE: Autor (2017).

No gráfico da FIGURA 8 e 9 é possível verificar que a velocidade se manteve constante em todo o trajeto, havendo variação na pressão quando atingido os 7 m a qual foi acionada a direção para realizar a curva de 90º. Ocorreu o pico de acréscimo da pressão do sistema e na sequência voltando, à nominal, conforme demonstra o gráfico. A velocidade se manteve constante devido ao alto tempo de resposta dos motores hidráulicos e acréscimo de pressão para compensar as perdas. No gráfico da FIGURA 9 a um aumento de pressão na partida, por causa do sistema exigir maior tempo de resposta para manter a velocidade, o que não afeta em nada o sistema.

Testes de tração e direção com uma carga de 23 ton, o gráfico da FIGURA 10 e 11 demonstra a variação da pressão do sistema com uma carga menor, seguindo os parâmetros dos testes anteriores.

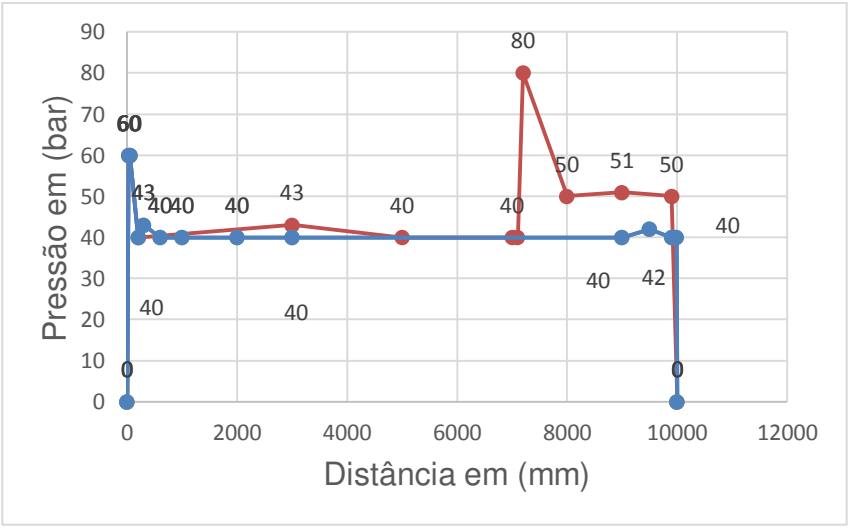

FIGURA 10: CARGA DE 23 ton TRAÇÃO E DIREÇÃO COM VELOCIDADE 164 mm/s
FONTE: Autor (2017).

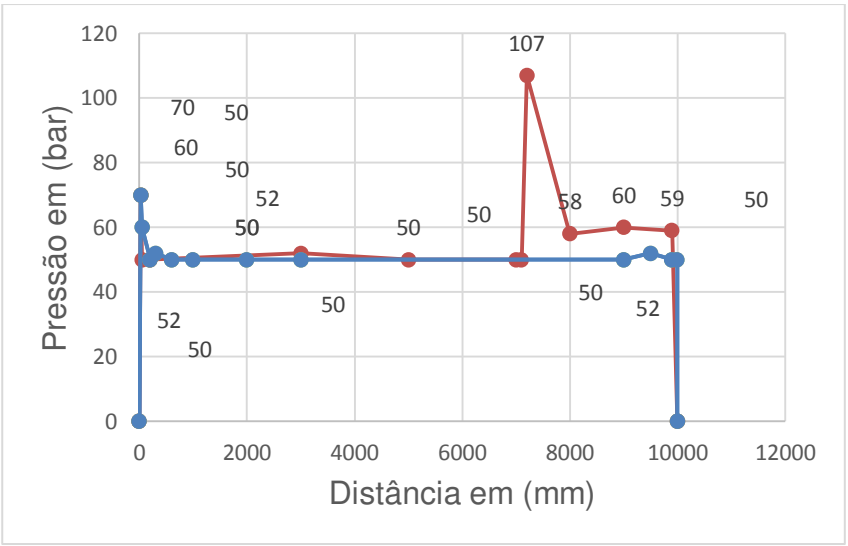

FIGURA 11: CARGA DE 23 ton TRAÇÃO E DIREÇÃO COM VELOCIDADE DE 325 mm/s
FONTE: Autor (2017).

Nos resultados dos testes demonstrado na FIGURA 10 e 11 percebe-se que tanto na velocidade menor ou maior, o veículo atende as especificações propostas, aumentando a pressão e o pico relativo ao acionamento da direção para realizar a curva, mas não atingindo a máxima que o sistema suporta.

Nos testes de desempenho elétrico, o objetivo é demonstrar a potência elétrica aplicada para movimentação do veículo, observando seus valores, desempenho e rendimento obtido a partir da combinação do motor de corrente contínua ao qual aciona a bomba hidráulica e o circuito elétrico, as condições estabelecidas foram as mesmas dos testes anteriores. O gráfico da FIGURA 12 demonstra a potência requerida com a movimentação de duas cargas com velocidades diferentes.

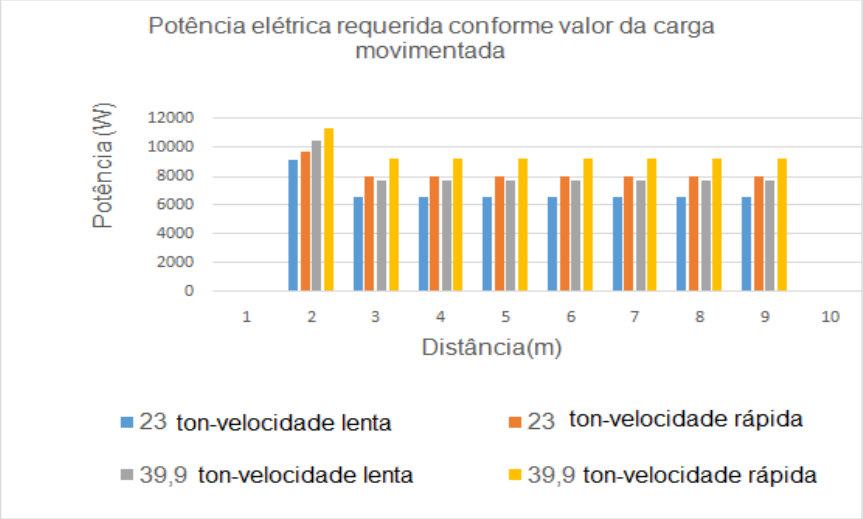

FIGURA 12: VALORES OBTIDOS DA POTÊNCIA ELÉTRICA REQUERIDA NA MOVIMENTAÇÃO DE CARGADE MASSA E VELOCIDADE DIFERENTE
FONTE: Autor (2017).

Sabendo que o motor possui uma potência máxima de 14 kW mais a do sistema formado por sensores e lâmpadas sinalizadoras que chega a 70 W, a FIGURA 12 mostra que a situação de maior potência requerida foi de 11371 W na carga de 39,9 ton e velocidade de 325 mm/s que é a situação mais severa de movimentação. Conclui-se que o sistema de potência que o veículo possui está sendo utilizado sem alterar seus valores para o qual foi projetado, podendo ser exigido mais potência do sistema elétrico caso ocorra necessidade.

Nos testes de carga de bateria foram realizadas as medições de corrente para analisar o tempo necessário para recarregar o conjunto de bateria com capacidade de armazenamento de 320 ampères, foi utilizado um carregador de baterias com potência de 3200 watts tensão de saída de 80 volts. O gráfico da FIGURA 13 demonstra a quantidade de horas necessária para o carregamento total, caso esteja descarregado.

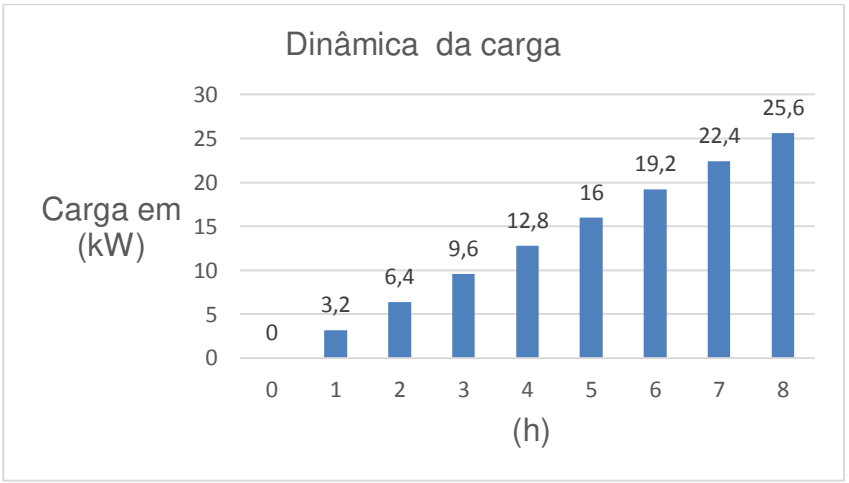

FIGURA 13: HORAS NECESSÁRIAS PARA CARREGAR O CONJUNTO DE BATERIA
FONTE: Autor (2017).

O gráfico da FIGURA 14 demostra o tempo que é levado para descarregar a bateria de 320 Ah com uma carga em movimento, sendo o valor 39,9 ton em velocidade constante de 346 mm/s e a potência nominal 9228 W. Sendo esta a situação de maior consumo com a maior carga existente.

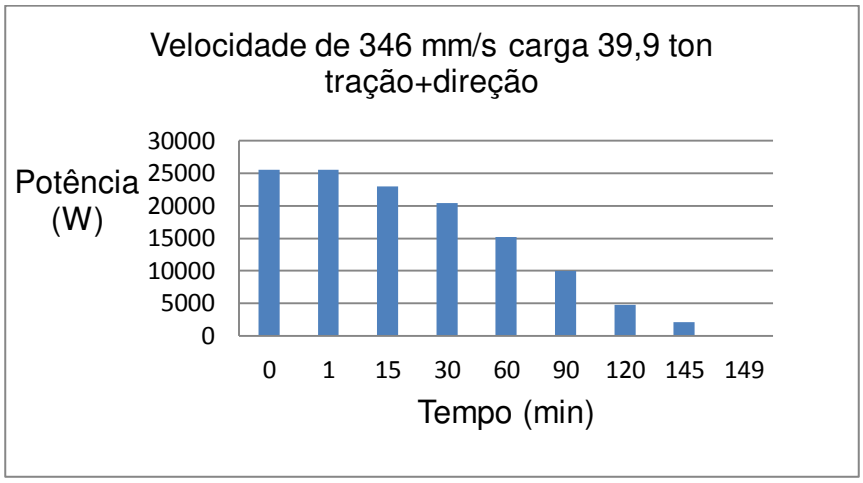

FIGURA 14: TEMPO ESTIMADO PARA DESCARREGAR A CARGA DA BATERIA
FONTE: Autor (2017).

Nos testes de segurança foi instalado um sensor óptico na frente do veículo e na traseira, programado o mesmo para parar caso haja qualquer obstáculo na frente do mesmo. Há um sinal sonoro que indica a condição de movimentação. Quando ocorre a parada por algum obstáculo este sinal é interrompido, e liberado só se o veículo estiver isento de perigo. Para este teste foram utilizados obstáculos fixo e móveis inclusive pessoas. A FIGURA 15 demonstra o sensor óptico instalado no veículo.



FIGURA 15: SENSOR ÓPTICO PARA SEGURANÇA INSTALADO NO VEÍCULO
FONTE: Autor (2017).

Nos testes de mobilidade e ergonomia no setor industrial, o objetivo é submeter o veículo ao ambiente industrial avaliando seu desempenho na aplicação de uma situação problema.

De acordo com o projeto ele deve movimentar e guardar em seus devidos lugares cargas que podem chegar a 40 ton, com velocidade lenta e ou máxima numa distância indeterminada.

Pensando na melhoria da ergonomia foi instalado o novo sistema eletro-hidráulico, o qual necessita de apenas um operador para controlar o veículo por um *joystick*. Portanto, não há necessidade de duas pessoas para operar e/ou realizar adaptações nos equipamentos. A FIGURA 16 mostra a aplicação prática em ambiente industrial com o operador realizando os movimentos com o *joystick*. Se ganha em espaço físico e ergonomia do processo.



FIGURA 16 – DEMOSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO DO VEÍCULO COM SISTEMA ELETRO-HIDRÁULICO MOVIMENTANDO UMA CARGA NO SETOR INDUSTRIAL
FONTE: Autor (2017).

Na FIGURA 16 há a ergonomia do processo: um condutor, com *joystick* em suas mãos, realizando a tração e direção numa distância segura, porque está fora do alcance do sensor de segurança.

Ainda neste mesmo processo o operador coloca a carga sobre o veículo através de uma ponte rolante, que se liga e inicia a movimentação. Então, não precisará de outra máquina para ajudar no transporte e o espaço será maior porque não há a necessidade de dois equipamentos para realizar a função que apenas um faz.

A situação manual na colocação do suporte FIGURA 17 (a) acoplado na traseira da empilhadeira FIGURA 17 (b) foi completamente eliminada, ganhando em segurança, por não correr risco em batidas ou lesões que poderia ocasionar com a manipulação do equipamento e na ergonomia de condições de trabalho.



a-) b-)

FIGURA 17 (a): DEMOSTRAÇÃO DO SUPORTE MÓVEL PARA SER ACOPLADO NO SUPORTE DA EMPILHADEIRA. FIGURA 17 (b): DEMOSTRAÇÃO DO SUPORTE DA EMPILHADEIRA PARA SER PUXADO O VEÍCULO
FONTE: Autor (2017).

Pretende-se pelos resultados das simulações, que o sistema de automação proposto atenda os esforços necessários para a movimentação da carga e atendam o desempenho mínimo necessário sem causar nenhum dano ao sistema e ao produto a ser movimentado.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado o projeto de um sistema de movimentação eletro-hidráulico e o estudo da viabilidade no transporte de cargas elevadas na indústria.

Os ganhos com a escolha do sistema de movimentação formado por sistema eletro-hidráulico aconteceu porque é uma alternativa tecnológica com muitas vantagens, pois além do veículo possuir apenas um motor elétrico com uma capacidade máxima de 14 kW, o sistema hidráulico promove força e torque suficiente para o sistema de movimentação sem exigir toda pressão para qual está dimensionado.

Além disso, com sua instalação ganhou-se em tempo, mobilidade, ergonomia e segurança operacional, eliminando completamente o trabalho de adaptação entre dois equipamentos (um apenas pode realizar a função), o espaço ocupado durante o transporte da carga e a segurança adquirida com a instalação de sensores na traseira e frente. O operador faz seu trabalho com eficiência conforme a norma NR 17. Dessa forma beneficia a mobilidade e ergonomia do condutor, e a segurança promovida pelos sensores.

Como este sistema funciona em malha de controle aberto futuramente, pretende-se desenvolver outro de malha fechada com controlador lógico programável, eliminando os relés e estabelecendo caminhos pré-definidos para montar um veículo autoguiado por feixes parecidos com outros modelos já descritos, existente na indústria.

8. REFERÊNCIAS

BBC fabricante de baterias http://www.bbc.com.br/batselmsie.htm acessado dia 16/06/2015.

BERTOZZI, M., Broggi, A., and Fascioli, A., (2000) “Vision-based intelligent vehicles:
State of the art and perspectives”. Robotics and Autonomous Systems, vol. 32, pp. 1-16.

CANO, C. E., Alfaro, A. C., Álvares, A. J. (2005) “AGV Modelling using Object Oriented Techniques through UML language in a Flexible Manufacturing Cell”, Proceedings of COBEM, OuroPreto, MG, Brasil.

CARRARA, V. 2012 **Apostila de Robótica**. Disponível em:< http://www2.dem.inpe.br/val/homepage/cursos/rb_apostila.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CAMACHO, ABRANTES, F. A. **Instrumentação e Simulação integrada de sistemas Hidráulicos**. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

COELHO, J. P. Sensores e atuadores. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 2004. 185 p.

CUNHA, M. A. B. **Controle em Cascata de um Atuador Hidráulico: Contribuições Teóricas e Experimentais.** 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DE NEGRI, V.J. **Introdução aos Sistemas para Automação e Controle Industrial.** Florianópolis, 2005. 52 p.

FELÍCIO, Luiz Carlos. **Modelagem da dinâmica de sistemas e estudo da resposta.** 2. ed. São Carlos: RiMa, 2010.

FERNANDEZ, German Carro. GUTIERREZ, Sergio Martin. RUIZ, Elio Sancritobal. PEREZ, Francisco Mur. [10] GIL, Manues Castro. **Robotics, the New Industrial Revolution.** Summer 2012. IEEE. DOI 10.1109/MTS.2012.2196595.

FIALHO, A. B. **Automação Hidráulica Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 6. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

FRANCHI, Claiton Moro. De Camargo, Valter L.A **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos.** 2º Ed. São Paulo: Érica, 2012 352 p.

GATES DO BRASIL. **Hidráulico Catálogo 2012**. 2012. Disponível em:< http://www.gatesbrasil.com.br/signia/upload/catalogos/catalogo_hidraulica_2012_web5.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

GRANDJEAN, Etienne. Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GROOVER, M. P. (2008), **Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing.**3rd ed. UpperSadddle River: Prentice-Hall, 2008. 831 p.

GOEKING, Weruska. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. Portal O setor elétrico, Santa Cecília, SP. 2010. Disponível em: http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-ematerias/343-xxxx.html. Acesso em: 09 jan. 2017.

IVANOV, A. V. Máquinas Elétricas. v. 2. Moscou: Mir Publishers, 1984.

LINSINGEN, Irlan von. **Fundamentos De Sistemas Hidráulicos**.2. ed. Florianopolis: Edufsc, 2003.

KUMAR, A. DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED GUIDED. **Int. J. Mech. Eng. & Rob. Res**, v. 3, n. 1, 2014.
[20] MARTINS, Geomar, Princípios de Automação Industrial. 2012. Apostila de Automação. UFSM, 2012.

MARTINEZ-BARBERA, H.; HERRERO-PEREZ, D. Development of a flexible AGV for flexible manufacturing systems. **Industrial Robot: An International Journal**, v. 37, n. 5, p. 459–468, 2010. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/01439911011063281>.

MERRIAM-Webster Online Dictionary. 2010. Disponívelem <http://www.merriam-webster.com/charity>. Acessoem: 21 janeiro 2017.

MILLER, R. K. (1987) "Automated Guided Vehicles and Automated Manufacturing." Soc. Manufact. Eng., Dearborn, Michigan.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. Engenharia de Automação Industrial. 2.ed. LTC, 2001.

NEVES, C. A. **Melhoria na Estação de Tratamento de Efluentes de uma Empresa Metal Mecânica de Produção de Componentes Hidráulicos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia/ Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

OGATA, Katsuhiko, **Engenharia de controle moderno**, 2ª edição,Rio de Janeiro, Prentice Hall do Brasil LTDA (1993).

OLIVEIRA, Amilton de, José. **Desenvolvimento De Um Protótipo de Veículo Autoguiado Para Célula Produtiva**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento, Curitiba, 2011.

PALMIERI, A. C. **Manual de Hidráulica Básica**. 10. ed. Porto Alegre: Albarus Sistemas Hidráulicos Ltda, 1997.

PAZZINI, L, H. Partida e aceleração de motores. Disponível em:<http://www.engonline.fisp.br/3ano/acionamentos_eletricos/Acionamentos_2002_6.pdf >. Acesso em 14 de outubro de 2016.

PAMPLONA, Paulo; COUTINHO, Renato; DO NASCIMENTO, André Cavalcante. Automação de um Sistema de Movimentação Industrial. **Revista de Controle e Automação**, v. 1, n. 1, 2011.

RENNER, R. **Projeto e Construção de uma Unidade de Potência e Condicionamento Hidráulico**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Panambi, 2010.

ROSÁRIO, João M. Automação Industrial. São Paulo: Editora Baraúna SE Ltda, 2009. 514p.

SANTOS JÚNIOR, Auteliano Antunes. Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos. Apostila de Sistemas Mecânicos. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, fevereiro de 2003.

SANTOS, A. H. M. et al. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. 3. ed. Itajubá: Eletrobrás/PROCEL, 2006.

SENSE, (Catálogo geral 2002 SENSE, Sensores e Instrumentos). Disponível em <http://www.sense.com.br/catalogogeral>. Acesso em: 01 nov. 2016.

THOMAZINI, D. E ALBUQUERQUE, P. U. B. Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações. 5. ed. São Paulo: Editora Érika, 2008.

TUDOR fabricante de bateria.Disponivel em: <http://tudor.com.br>. Acesso em: 10 ago.2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos.** Curitiba: Editora da UFPR, 2015.

Motores Elétricos: guia de especificação. Disponível em:< http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 20 Out. 2016.

WOLF, Denis Fernando et al. Robótica móvel inteligente: Da simulação às aplicações no mundo real. In: **Mini-Curso: Jornada de Atualização em Informática (JAI), Congresso da SBC**. 2009. p. 13.