



Portal de Anais Eletrônicos
UniEVANGÉLICA



**Anais do Curso de
Engenharia Mecânica da
UniEVANGÉLICA**

**27 de novembro a 02 de dezembro de
2017**

Volume 01, Número 01, 2017

UniEVANGÉLICA
CENTRO UNIVERSITÁRIO

Centro Universitario de Anápolis - UniEVANGÉLICA

Associação Educativa Evangélica

Conselho de Administração

Presidente – Ernei de oliveira Pina

1º Vice-Presidente – Cicílio Alves de Moraes

2º Vice-Presidente – Ivan Gonçalves da Rocha

1º Secretário – Geraldo Henrique Ferreira Espíndola

2º Secretário – Francisco Barbosa de Alencar

1º Tesoureiro – Augusto César da Rocha Ventura 2º Tesoureiro – Djalma Maciel Lima

Centro Universitário de Anápolis

Chanceler – Ernei de Oliveira Pina

Reitor – Carlos Hassel Mendes da Silva

Pró-Reitor Acadêmico – Marcelo Mello Barbosa

Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Ação Comunitária – Sandro Dutra e Silva

Coordenadora da Pesquisa e Inovação – Lúcia Coelho Garcia Pereira

Coordenador de Extensão e Ação Comunitária – Fábio Fernandes Rodrigues

Portal de Anais da UniEVANGÉLICA

Natasha Sophie Perreira

Eduardo Ferreira de Souza

Anderson Dutra e Silva

Equipe Editorial

Diretor do Curso de Engenharia Mecânica - Hélio de Souza Queiroz

Coordenador de Estágio Supervisionado do Curso de Engenharia Mecânica - Márcio José Dias

Coordenador Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica - Ricardo Wobeto

Coordenador de Laboratórios do Curso de Engenharia Mecânica - Sérgio Mateus Brandão

Coordenador de Pesquisa do Curso de Engenharia Mecânica - Rosemberg Fortes Nunes Rodrigues

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA

Av. Universitária Km. 3,5 – Cidade Universitária - Anápolis-GO CEP:75083-51

Portal de Anais Eletrônicos - <http://anais.unievangelica.edu.br/>

Sumário

INFLUÊNCIA DO REVENIMENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURAS DE LÂMINAS FORJADAS EM AÇO SAE 5160	5
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE FREIO ABS NO VEÍCULO HONDA CIVIC SI .	16
ESTUDO DE CASO: INVESTIGAÇÃO DO PROCESSO DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVE	30
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: UM ESTUDO DE CASO.....	41
ANÁLISE DAS JUNTAS DE ELEMENTOS SOLDADOS REALIZADOS COM ELETRODOS REVESTIDOS E6013 DE DIFERENTES MARCAS.....	58
A SEGURANÇA DE VOO A PARTIR DA MANUTENÇÃO E OS RISCOS GERADOS PELOS FATORES HUMANOS.....	82
DIMENSIONAMENTO DE UM VARIADOR DE VELOCIDADE ESCALONADO DE DUAS MARCHAS PARA UM VEÍCULO BAJA.....	102

Apresentação

O curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Anápolis, UniEvangélica, visa, com a exposição dos trabalhos desenvolvidos durante o semestre, propiciar aos acadêmicos maior vivência na área científica, assim como sua interação com o mercado e o setor da indústria. Nesse contexto, a Direção do curso juntamente com as Coordenações de Ensino, pesquisa e extensão, cria ações que articulam as diferentes vivências acadêmicas, permitindo aos alunos, uma formação integrada tanto no exercício da profissão quanto na pesquisa voltada à indústria.

O desenvolvimento dos Anais do Curso de Engenharia Mecânica da UniEvangélica apresenta como objeto geral realizar encontro Técnico-Científico entre os acadêmicos, empresários da região, egressos e profissionais da área.

De forma complementar destacam-se como objetivos específicos desses anais: Aplicar conhecimentos teóricos às características existentes no mercado de trabalho por meio da participação de empresas e instituições de diversos segmentos integrando o saber teórico, o planejamento, a aplicabilidade e a execução de ações ligadas principalmente à indústria; Promover a divulgação científico-tecnológica dos trabalhos desenvolvidos pelos acadêmicos nas diferentes áreas do conhecimento; Divulgar e incentivar o desenvolvimento de trabalhos com cunho científico, tecnológico e de inovação relacionados às atividades de ensino, pesquisa e extensão; Capacitar e desenvolver atividades acadêmicas relacionadas à Engenharia Mecânica; Desenvolver os conhecimentos disciplinares supracitados em atividades acadêmicas e profissionais; Desenvolver ações com egressos do curso de Engenharia Mecânica em conjunto com os atuais discentes e Promover a apresentação dos Trabalhos de Conclusão de Curso desenvolvidos pelos acadêmicos ao longo do ano letivo com orientações dos docentes.

Diretor do Curso de Engenharia Mecânica
Profº Hélio de Souza Queiroz

INFLUÊNCIA DO REVENIMENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURAS DE LÂMINAS FORJADAS EM AÇO SAE 5160

OLIVEIRA, A.T.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. alexurrioni@gmail.com

NERES, R.V.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. rafaelvieiraneres@gmail.com

TAVARES, W.R.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. weber.rabelo@gmail.com

BRANDÃO, S.M.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. sergio.brandao@unievangelica.edu.br

MARÇAL, R.C.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. roberto.marcal@docente.unievangelica.edu.br

RESUMO

Durante a fabricação de lâminas o material passa por um processo de forjamento que consiste na deformação por prensagem ou martelamento que, por consequência, causam o aparecimento de tensões internas sendo necessário a realização de tratamentos térmicos subsequentes para amenizar as características mecânicas indesejáveis. Se tratando de lâminas forjadas é necessário a combinação de resistência mecânica e tenacidade do material, para tanto são necessários a realização do tratamento térmico de têmpera e revenimento. A têmpera tem como foco a formação da fase martensítica, microestrutura caracterizada por sua alta dureza e baixa ductilidade e tenacidade tornando necessário a realização do revenimento para eliminação das tensões internas e aumento da ductilidade e da resistência ao impacto. O objetivo do trabalho é avaliar a influência da variação da temperatura de revenimento nas propriedades mecânicas e microestruturais do aço SAE 5160 forjado afim de identificar a melhor faixa de temperatura que garanta as propriedades mecânicas exigidas para uma boa lâmina. Realizou-se o forjamento de uma barra do aço SAE 5160 do qual foram retiradas amostras que foram submetidas a tratamentos térmicos variando a temperatura de revenimento, de 200°C, 300°C e 400°C com duração de uma hora. Para caracterização dos materiais trabalhados foram realizadas análises metalográficas, ensaio de dureza e de impacto Charpy-V, conforme ABNT NBR ISO 148-1/2013. Os resultados comprovaram que o tratamento executado a 400°C por uma hora mostrou-se mais eficiente, proporcionando uma dureza próximo dos valores das lâminas produzidas de forma industrial e o maior valor de resistência ao impacto Charpy-V.

Palavras-Chave: Forjamento, Lâminas de Corte; Revenimento, Aço SAE 5160.

ABSTRACT

In the manufacture of the blades the material undergoes a forging process which is the deformation of the material by pressing or hammering it, consequently, internal strains appear in the material. To minimize these undesirable mechanical characteristics it is necessary to do subsequent heat treatments. In the matter of forged blades it is necessary to combine the mechanical strength and tenacity of the material, therefore, a tempering and heat treatment are crucial in this process. The quenching aims to create the martensitic phase, a microstructure marked by the hardness and reduction of ductility and tenacity making necessary the tempering process to eliminate internal tension and increase ductility and impact resistance. The purpose of the current paper is to evaluate the influence of tempering temperature variation in the mechanical and microstructural characteristics present in the SAE 5160 forged steel, in order to identify the best temperature range to guarantee the required

mechanical properties in a good blade. For this work, was carried out the forging of SAE 5160 steel bar, from which samples were taken and submitted under heat treatment processes, ranging the tempering temperature from 200°C, 300°C and 400°C, during one hour. For assessment of the achieved properties, metallographic analyses, hardness and Charpy-V impact tests were held according to NBR ISO 148-1/2013. The results showed that the treatment performed at 400°C for one hour proved to be more efficient, providing a hardness close to the values of the industrially produced slides and the higher value of the Charpy-V impact resistance.

Keywords: Forging, Cutting blades, Tempering, Steel SAE 5160.

1. INTRODUÇÃO

A fabricação de lâminas consiste basicamente na conformação do material bruto, processo conhecido por forjamento, seguido de tratamentos térmicos afim de se corrigir as propriedades mecânicas do material [1].

O processo de forjamento é considerado o processo mais antigo de conformação de metais e ligas, consistindo na deformação de um metal por prensagem ou martelamento. Este processo é normalmente realizado a quente para se evitar o encruamento do material. Dependendo da complexidade de forma e de nível de precisão, o forjamento pode ser realizado em matriz fechada ou aberta, sendo o forjamento em matriz aberta o realizado nos experimentos desse trabalho [1]. O processo de forjamento em matriz aberta é caracterizado pela ausência de restrição lateral o que faz com que o material escoie livremente para as regiões adjacentes com o objetivo de promover a redução da seção da peça que, por consequência, geram tensões internas no material que podem ocasionar trincas ou rupturas precoces [1]. Com o intuito de aliviar as tensões internas, após o forjamento devem ser realizados tratamentos térmicos para alívio de tensões do material [2]. Para os experimentos deste trabalho foram realizados os tratamentos térmicos de normalização, recozimento, têmpera e revenimento para a fabricação dos corpos de prova.

A normalização consiste em um aquecimento acima da zona crítica do material seguido de um resfriamento lento ao ar, esse tratamento térmico tem como objetivo promover a homogeneização da rede cristalina que passa a ser uma estrutura pouco homogênea e com tamanhos de grãos grosseiros após o forjamento [3]. Por promover uma estrutura mais uniforme e homogênea a normalização pode ser utilizada como um tratamento térmico preliminar aos tratamentos térmicos definitivos pois, com o refino da estrutura cristalina a possibilidade de empenamento é reduzida e os carbonetos adquirem uma menor dissolubilidade em tratamentos subsequentes [4]. Após a normalização os corpos de prova foram aquecidos até a zona crítica e resfriados lentamente processo chamado de recozimento que promove um rearranjo da rede cristalina e eliminações dos defeitos cristalinos causados pelo processo de conformação mecânica. Tem como intuito promover a remoção das tensões internas e diminuir a dureza do material [5].

Se tratando de lâminas forjadas é necessário a combinação de resistência e tenacidade do material, para isso foram realizados processos de têmpera e revenimento tendo como objetivo a formação de martensita revenida [3]. A têmpera tem como foco a formação da fase martensítica, microestrutura caracterizada por sua alta dureza e pouca ductilidade e tenacidade, e consiste em um aquecimento do aço até sua temperatura de austenitização, seguido de um resfriamento rápido. Durante esse processo o choque térmico pode ocasionar o aparecimento de tensões internas e durezas excessivas, tornando necessário a realização de um revenimento para a eliminação desses inconvenientes, aumentando a ductilidade e a resistência ao choque [4].

O aço SAE 5160 é amplamente utilizado na fabricação de feixes de molas, eixos automotivos, fixadores e lâminas de corte. Traz em sua composição, de 0,6 % de Carbono e entre 0,85 - 1 % de Cromo, é classificado como um aço de médio teor de carbono possuindo uma maior resistência mecânica, boa ductilidade e resistência a fadiga, ótima temperabilidade e forjabilidade [6].

A técnica desenvolvida pelos artesões baseia-se em um conhecimento adquirido através da prática e da observação dos resultados, em sua maioria, sem saber ao certo os parâmetros e a importância dos tratamentos térmicos pós-forjamento. O objetivo do presente trabalho é de avaliar a influência da variação da temperatura de revenimento nas propriedades mecânicas e microestruturais de lâminas forjadas em aço SAE 5160, a fim de buscar a melhor faixa de temperatura que garanta as propriedades mecânicas semelhantes às propriedades das

lâminas produzidas de forma industrial que apresentam dureza entre 55 HRC e 58 HRC [7]. Para tanto, foram realizadas revenimentos à temperatura de 200°C, 300°C e 400°C com duração de uma hora.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado no estudo é o aço SAE 5160 caracterizado por ser de médio teor de carbono. A tabela 1 apresenta a composição química do material estudado.

Tabela 1: Composição química do material.

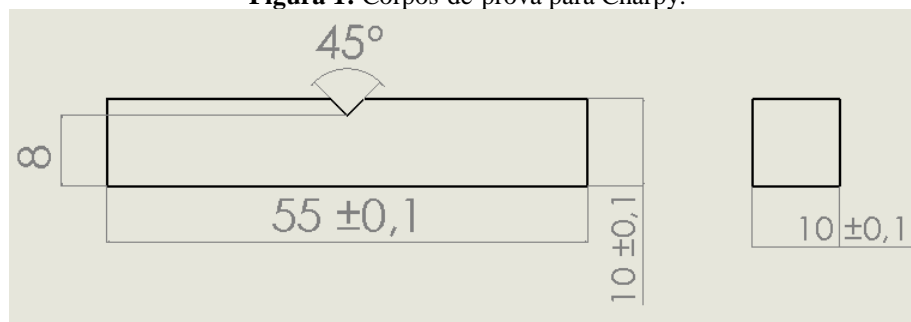
Elementos	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu
(%)	0,59	0,78	0,22	0,014	0,007	0,76	0,09	0,02	0,005	0,2

Fonte: [7]

A primeira etapa do trabalho consistiu na caracterização do material, na qual foram realizadas análises da microestrutura, ensaios de dureza HRC e de impacto Charpy-V, conforme a norma NBR ISO 148-1:2013.

Inicialmente necessitou-se usinar os corpos-de-prova a partir do material adquirido, barras redondas de 30 milímetros de diâmetro, obtendo-se corpos-de-prova para Charpy-V conforme desenho apresentado na figura 1.

Figura 1: Corpos-de-prova para Charpy.



Fonte: Do autor.

Para o estudo metalográfico retirou-se uma amostra do material, a mesma fora embutida em resina fenólica verde utilizando uma embutidora PANTEC PANPRESS 30, processo que dura um período de 15 minutos.

Realizado o embutimento das amostras, estas foram lixadas, polidas e atacadas quimicamente utilizando-se Nital 10% como agente revelador e realizando a observação da microestrutura através de um microscópio ótico, seguindo a norma ABNT NBR-13284 para preparação de corpos de prova para análise *metalográfica*.

A fabricação das amostras forjadas compõe-se, em sua primeira etapa, do pré-aquecimento do material acima da sua temperatura de zona crítica, a fim de torna-lo mais maleável e evitar o encruamento. No caso do aço SAE 5160, a temperatura recomendada está na faixa de 1000°C a 1100°C [4]. Realizou-se um forjamento artesanal utilizando um martetele excêntrico, para conferir forma ao material, passando de uma geometria circular para quadrada.

Assim que o material adquiriu a temperatura ambiente, as amostras selecionadas para o estudo do forjamento foram usinadas adquirindo as dimensões do corpo de prova, já ilustrado na figura 01. Retirou-se então o material para os testes de dureza HRC e análises metalográficas.

As demais foram submetidas a tratamentos térmicos de normalização a uma temperatura de 900°C por um período de uma hora seguido de um resfriamento ao ar calmo seguido de um tratamento térmico de recozimento pleno a 840°C por uma hora com resfriamento lento no forno fechado, com o intuito de remover as tensões internas causadas pelo forjamento e diminuir a dureza para facilitar a fabricação das amostras.

Após a usinagem os corpos de prova foram submetidos a austenitização a 900°C por um período de uma hora e temperados em parafina. Com o intuito de estudar a influência do revenimento nas propriedades mecânicas e metalográficas, realizaram-se ciclos de revenimento a 200°C, 300°C e 400°C todos com duração de uma hora. Em cada etapa do processo realizou-se a retirada de cinco amostras para análises da influência do tratamento térmico nas propriedades mecânicas e metalográficas, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Número de amostras coletadas por etapa

	Estado do material			Revenimento		
	Normal	Forjado	Temperado	200°C	300°	400°C
Número de amostras	5	5	5	5	5	5

Fonte: Do autor.

Para a caracterização microestrutural, foram embutidas as amostras em fenólica verde e em seguida atacadas utilizando Nital 10%, fazendo-se a observação da microestrutura utilizando um microscópio ótico.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 EXECUÇÃO DO FORJAMENTO

Para a fabricação das amostras forjadas, o material foi aquecido afim de se aumentar a maleabilidade e o encruamento do material. O forjamento fora realizado à quente de forma artesanal, utilizando um martetele excêntrico para fazer a conformação, da barra redonda obteve-se uma barra quadrada que à temperatura ambiente, apresentou variações de dimensões, mas mantendo em média as dimensões de 17mm x 17mm \pm 0,5mm.

Figura 2: Material forjado à quente.



Fonte: Do autor.

3.2 USINAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA

Na usinagem dos corpos de prova forjados observou-se um alto desgaste das ferramentas de corte devido à dureza adquirida pelo material após o forjamento. Com os tratamentos térmicos de normalização e recozimento pleno, a usinagem dos corpos de prova foi facilitada observando-se uma leve diminuição da dureza, conforme ilustrado na figura 3, todos os corpos de prova foram usinados para adquirirem as dimensões especificadas pela norma ABNT NBR ISO 148-1:2013.

Figura 3: Corpos-de-prova normal, forjados e normalizado/recozidos.



Fonte: Do autor.

Após a usinagem os mesmos foram utilizados nos tratamentos térmicos de têmpera e revenimento. Para cada uma das três faixas de temperatura de revenimento foram selecionados 5 (cinco) corpos de prova para as análises de impacto.

3.3 DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios de Charpy-V, segundo a norma NBR ISO 148-1/2013, foram realizados em corpos de prova 55 x 10 x 10 mm, com um entalhe no centro e rompidos com o pêndulo de 150J. A dureza HRC do material foi medida com 100kg e com ponta de diamante, devido à alta dureza, em todas as medições esperou-se em média 30 segundos para a estabilidade da carga.

As amostras metalográficas coletadas antes e após a execução do forjamento e em cada etapa do tratamento térmico sendo, logo após, embutidas em fenólica verde a 150°C e polidas com a utilização de 6 lixas rotativas, que respeitaram a sequência de granulometria 320, 400, 600, 800, 1200, 2500. O ataque químico foi realizado com Nital 10%.

4. RESULTADOS

4.1 DUREZA

Com o tratamento de têmpera o material forjado sofreu um aumento expressivo da dureza, passando de valores que oscilavam em torno de 40 HRC para valores acima de 60 HRC. Durante a têmpera, com o resfriamento abrupto do material a partir da temperatura de austenitização, ocorre a formação de martensita que proporciona ao material uma dureza elevada. A dureza da martensita aumenta proporcionalmente com o teor de carbono e no caso do aço SAE 5160 pode adquirir valores de cerca de 65 HRC.[5]

Após o revenimento à 200°C por um período de uma hora o valor de dureza do material começou a diminuir, mas manteve o valor próximo ao valor de dureza da têmpera. O processo de revenimento a uma temperatura de 200°C, promove a precipitação de carboneto de ferro e a transformação da austenita retida em ferrita e cementita fazendo com que a dureza Rockwell comece a cair chegando próximo ao valor de 60 HRC, embora não promova nenhuma modificação estrutural relevante [4, 5].

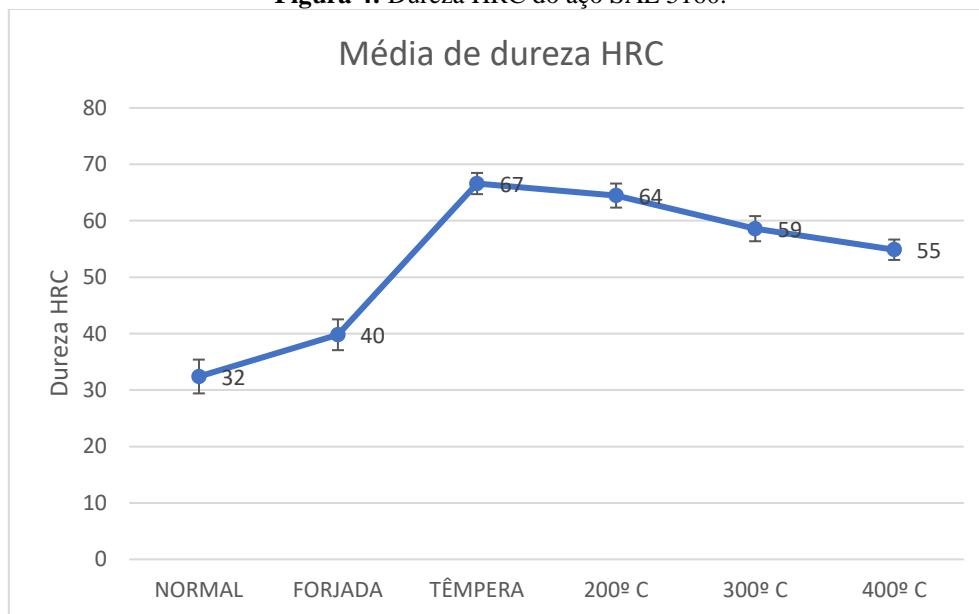
Os valores de dureza do material reduziram significativamente após os revenimentos realizados nas temperaturas de 300°C e 400°C. O revenimento, quando realizado na faixa de temperatura entre 300°C e 400°C, promove a redução do teor de carbono na austenita retida e a recuperação e recristalização da martensita, eliminando as discordâncias dos grãos martensíticos combinado com o crescimento e esferoidização das partículas de cementita resultando na diminuição da dureza e da resistência mecânica [3]. A dureza Rockwell do material adquire valores variando em torno de 50 HRC [5].

Tabela 3: Dureza HRC colhidas do material forjado, temperado, revenido a 200°C, 300°C e 400°C.

Ensaio	Dureza em HRC					
	Normal	Forjada	Têmpera	200°C	300°C	400°C
1	34	37	65	65	59	53
2	32	39	68	65	59	54
3	35	39	67	64	55	56
4	31	42	65	65	60	55
5	30	41	67	64	60	56
Média	32	40	67	64	59	55

Fonte: Do autor.

Figura 4: Dureza HRC do aço SAE 5160.



Fonte: Do autor.

Os valores de dureza das amostras forjadas, foram as que apresentaram maior variação de medida, este fato está relacionado aos pontos de concentração de dureza que o material adquire após o processo de forjamento. As amostras que passaram por revenimento à 400°C foram as que apresentaram menores variações de valores, conforme mostra o gráfico de desvio padrão.

4.2 CHARPY-V

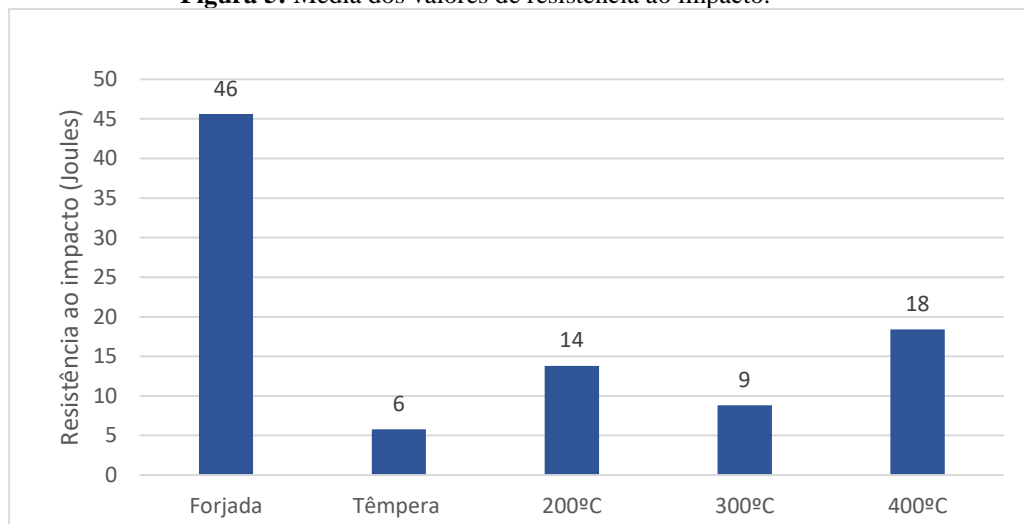
Os resultados obtidos com os ensaios de impacto Charpy-V, mostraram que os corpos de prova temperados possuem baixa resistência ao impacto. Como após a têmpera a estrutura cristalina no material passa a ser composta com predominância de martensita, essas baixas resistências referem-se à propriedade mecânica que a estrutura martensítica transfere ao material, uma vez que, apesar da elevada dureza, essa estrutura cristalina possui um alto grau de fragilidade [5, 9]. Outra explicação, está relacionada as tensões internas que se originam nas peças temperadas devido à brusca mudança de fases e à contração do aço durante o resfriamento [9].

Os corpos de prova submetidos aos tratamentos térmicos à 200 °C e à 400 °C, apresentaram resultados bem semelhantes, aumentando significativamente os valores de resistência ao choque, se comparados com os valores obtidos pelo material temperado. Este aumento de resistência pode ser explicado no fato de que o

revenimento realizado entre 100 °C e 200 °C começa a promover o alívio das tensões internas do material através da decomposição da austenita retida e da precipitação de carbonetos de ferro ϵ reduzindo o teor de carbono da martensita, com isso, a presença da estrutura martensítica decresce aumentando a resistência mecânica do material e diminuindo a dureza [9]. Quando o revenimento é realizado entre 400 °C e 600 °C ocorrem maiores transformações estruturais através do processo de recuperação e recristalização da martensita, com eliminação das discordâncias da rede cristalina combinado com o crescimento e esferoidização dos aglomerados de cementita e a ferrita formada apresentam os mesmos contornos das antigas ripas martensíticas, proporcionando ao material uma redução da dureza e a resistência mecânica apresenta uma tendência de aumento [3, 4, 5, 8].

A resistência ao impacto dos corpos de prova submetidos ao revenimento à 300 °C foram as de menores valores, provavelmente devido a fragilização do material. O tratamento térmico de revenimento quando realizado há uma faixa de temperatura de 260 °C à 370 °C provoca a fragilidade da martensita revenida, atualmente não existe explicações convincentes que expliquem esse fenômeno. A explicação mais aceita é de que a fragilidade da martensita revenida estaria associada à presença de impurezas segregadas nos contornos de grãos da austenita [9]. Sendo essas impurezas, possivelmente, causadas pela segregação de fósforo durante os processos de austenitização e têmpera [10].

Figura 5: Média dos valores de resistência ao impacto.



Fonte: Do autor.

4.3 METALOGRAFIA

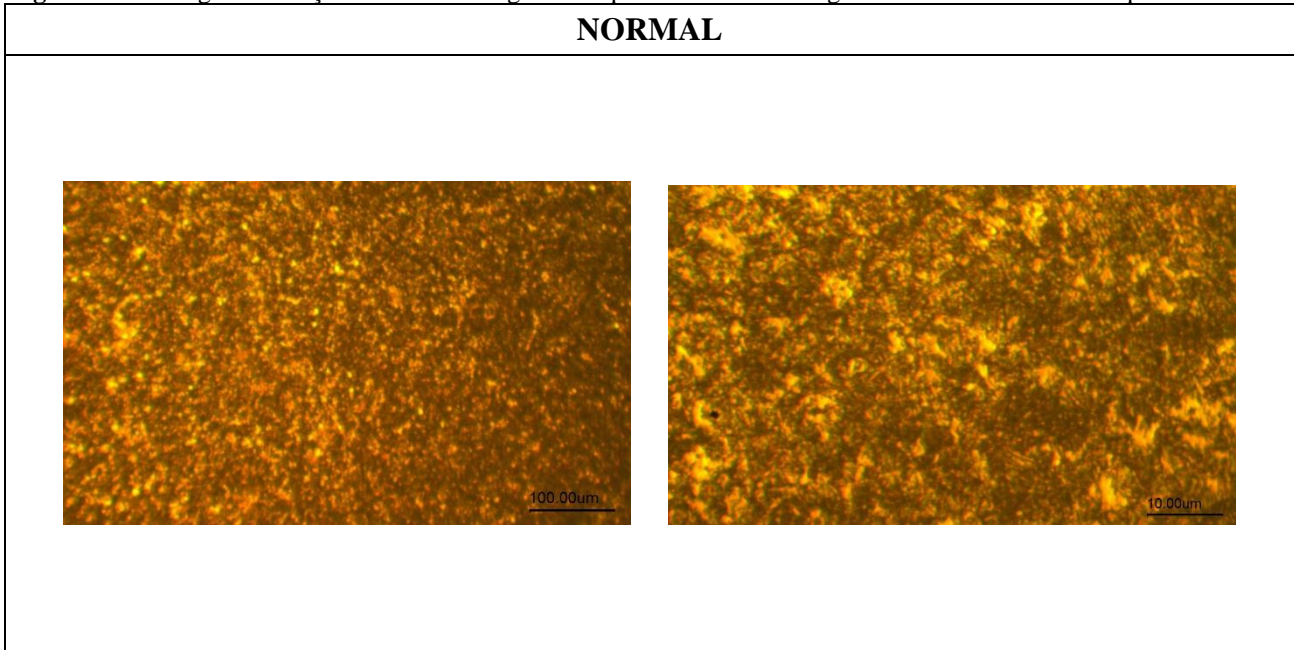
O processo de conformação mecânica proporcionou uma diminuição no tamanho dos grãos da amostra coletada, esta diminuição é causada pela a redução das dimensões do material durante o processo de forjamento. A redução dimensional causa a diminuição dos espaços entre os braços das dendritas originadas na solidificação do material, durante a fabricação. Esta redução é favorável à homogeneização do material, por difusão [3]. Com a redução do espaçamento dos segregados, ocorre o fenômeno chamado de fibramento onde, o material passa a apresentar uma estrutura com aspecto de fibras, orientadas no sentido do maior alongamento, sendo facilmente observado na seção longitudinal [9].

As amostras temperadas apresentaram uma alta concentração de martensita, demonstrando que o tratamento térmico foi eficiente. A micrografia da martensita apresenta cristais em formas associadas com placas e lamelas finas que apresentam maior espessura no centro que nas extremidades com diferentes orientações dentro dos grãos [9, 11]. O tratamento térmico à 200 °C proporcionou uma leve diminuição nos tamanhos dos grãos martensíticos, provavelmente devido à precipitação de carbonetos e da decomposição da austenita retida, formando ferrita e cementita, diminuindo o aspecto acicular da estrutura cristalina e o teor de carbono [3, 9].

O tratamento térmico à 300 °C e 400 °C promoveram uma maior diminuição dos tamanhos dos grãos que passaram a apresentar formas mais circulares. O revenimento quando realizado acima de 300 °C inicia o processo

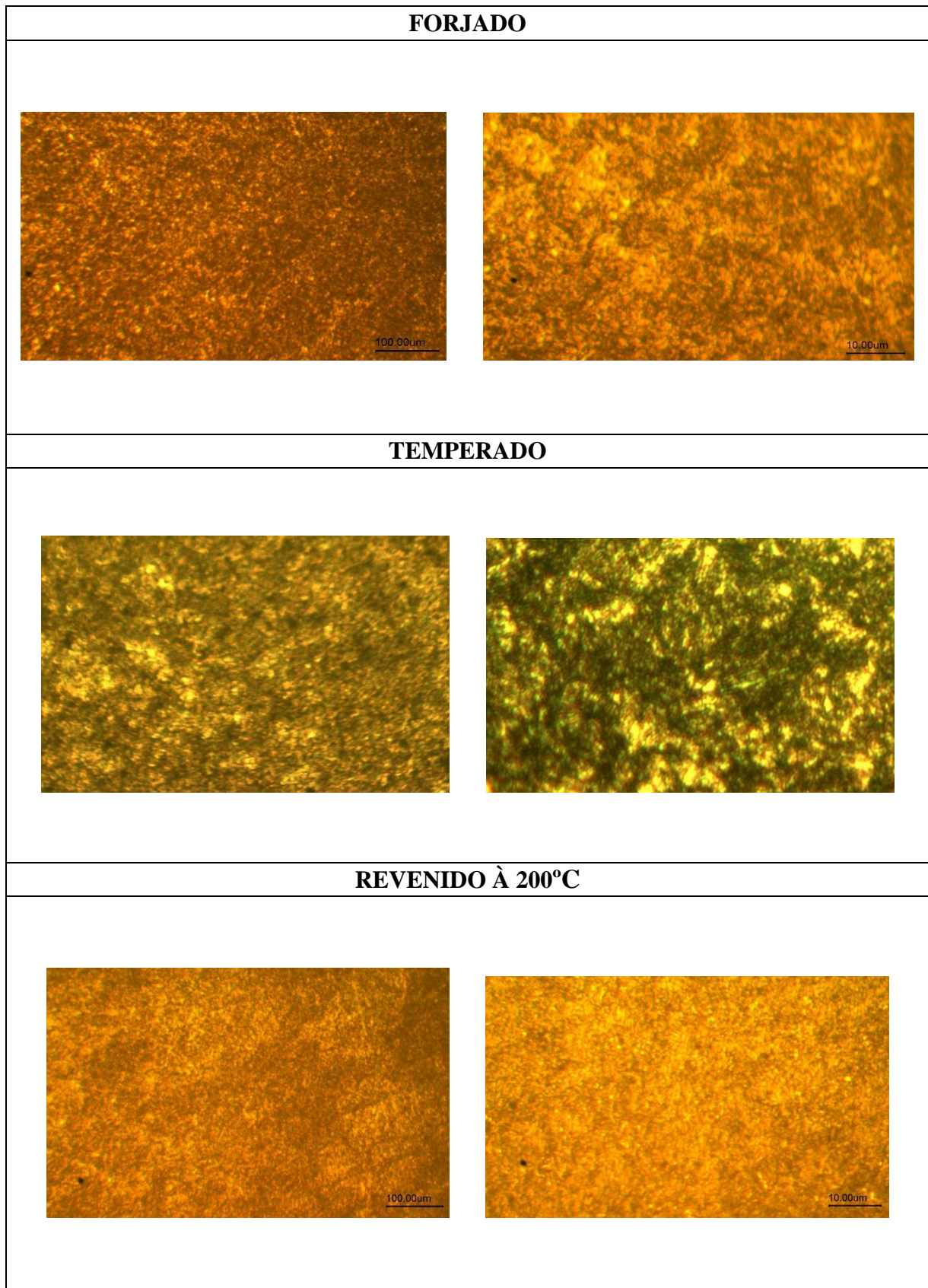
de recuperação e recristalização da martensita promovendo a eliminação das discordâncias combinado com início do crescimento e esferoidização da cementita [3].

Figura 6: Metalografia do aço SAE 5160: imagens à esquerda em 50x e imagens à direita em 400x. Ataque: Nital 10%.



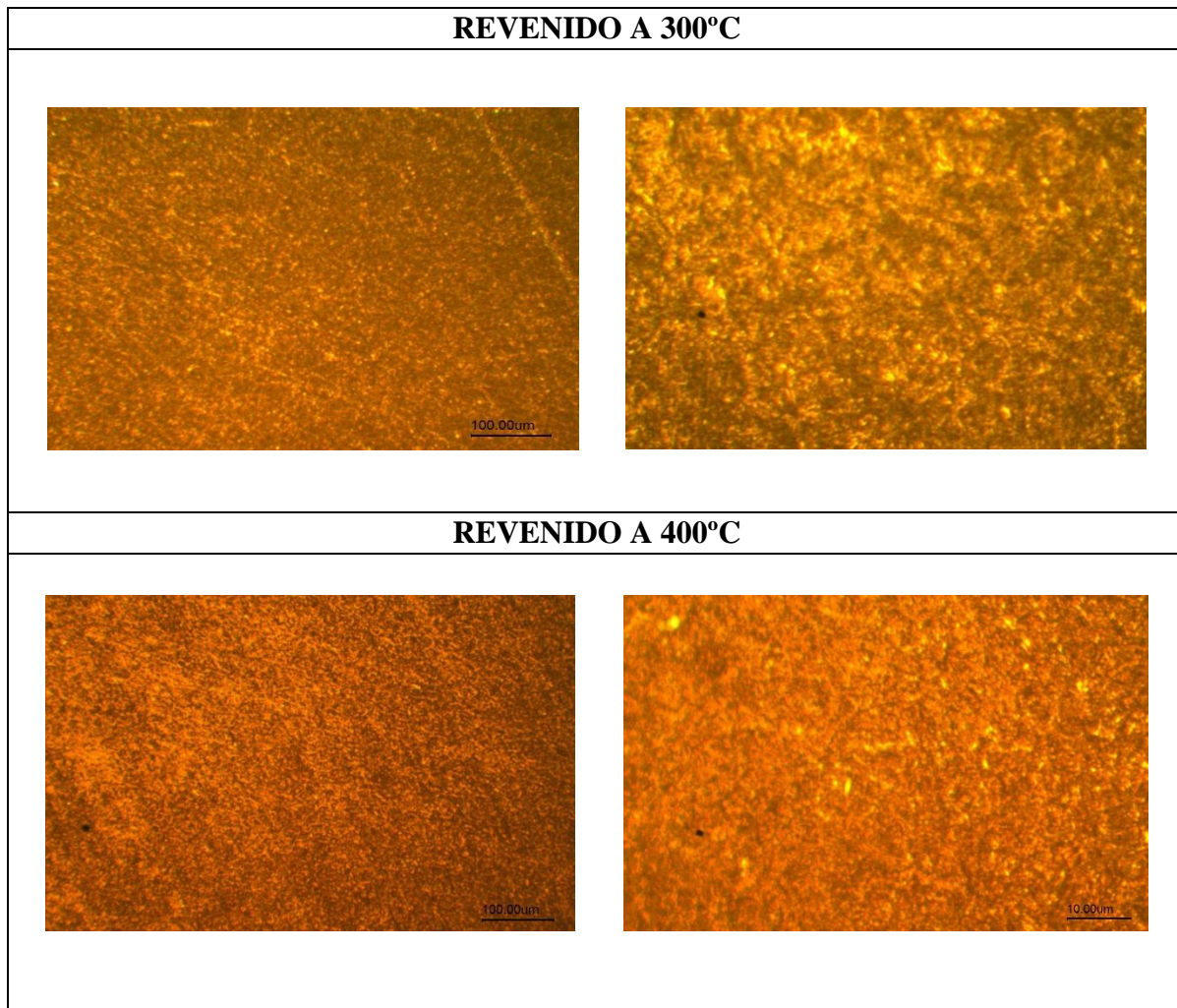
Fonte: Do autor.

Figura 7: Metalografia do aço SAE 5160: imagens à esquerda em 50x e imagens à direita em 400x. Ataque: Nital 10%.



Fonte: Do autor.

Figura 8: Metalografia do aço SAE 5160: imagens à esquerda em 50x e imagens à direita em 400x. Ataque: Nital 10%.



Fonte: Do autor.

5. CONCLUSÃO

Os ensaios de dureza das amostras submetidas ao tratamento térmico à 200 °C não apresentaram valores significativos de redução. Em contrapartida as amostras submetidas ao revenimento à 300 °C e 400 °C demonstraram uma relevante redução da dureza do material, sendo a amostra à 400 °C a que apresentou menor dureza.

As amostras submetidas ao revenimento à 400 °C apresentaram melhores valores de resistência ao impacto, aumentando a resistência das amostras temperadas em mais de 50%. As amostras submetidas ao tratamento térmico à 300 °C apresentaram menores valores de resistência ao impacto, provavelmente ocasionado por uma fragilização devido ao revenimento. O tratamento térmico à 200 °C também apresentou um bom valor de resistência ao impacto aumentando a resistência do material temperado, mas atingiu valores inferiores ao tratamento térmico realizado à 400 °C.

As imagens metalográficas apresentaram uma significativa diminuição e refino dos grãos martensíticos em todos os tratamentos térmicos. O mais eficaz foi o realizado à 400 °C

que possivelmente promoveu um processo de recuperação e recristalização da martensita proporcionando uma eliminação das discordâncias dos grãos.

Conforme o apresentado conclui-se que o tratamento térmico de revenimento realizado à 400 °C foi o que apresentou ser o mais eficaz para lâminas artesanais, visto que proporcionou uma dureza de 99,6% do valor da faixa mínima das lâminas produzidas de forma industrial e um valor relevante de resistência ao impacto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] WEISS, A. **Processos de fabricação mecânica**. Curitiba: Livro Técnico, 2012.
- [2] FERREIRA, R. A. S. **Conformação plástica: fundamentos metalúrgicos e mecânicos**. 2. ed. Recife: Ed: Universitária da UFPE, 2010.
- [3] COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. Revisão técnica André Luiz V. da Costa e Silva. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.
- [4] CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 7. ed. ampl e rev. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008.
- [5] CHIAVERINI, V. **Tratamento térmico das ligas metálicas**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008.
- [6] FAVORIT. **Aço SAE 5160**. Disponível em: <http://www.favorit.com.br/produtos/acos-construcao-mecanica/aco-sae-5160>. Acesso em: 03 de abril de 2017.
- [7] TRAMONTINA. **Facas Century**. Disponível em: <http://www.tramontina.com.br/p/24099037-98-jogo-de-facas-3-pecas>. Acesso em: 20 de março de 2017.
- [8] PEREZ, W.; OLAYA, J. J.; ARENAS, J. A. **Influencia de las condiciones del tratamiento térmico sobre las propiedades mecánicas del acero 5160H**. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, Maracaibo, v. 36, n. 1, p. 23-31, abr. 2013. Disponível em: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702013000100004&lng=es&nrm=iso. Acesso em 07 de dezembro. 2017
- [9] SILVA, A. L. V. C. e; MEI, P. R. **Aços e ligas especiais**; 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- [10] CASTRO, D. B. V. et al. **Influence of phosphorus content and quenching/tempering temperatures on fracture toughness and fatigue life of SAE 5160 steel**. Mat. Res., São Carlos, v.13, n. 4, p. 445-455, Dec. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392010000400005&lng=pt_BR&nrm=iso. Acesso em 07 de dezembro de 2017.
- [11] BRAGA, Fábio de Oliveira et al. **Martensitic Transformation Under Compression of a Plasma Processed Polycrystalline Shape Memory CuAlNi Alloy**. Mat. Res., São Carlos, v. 20, n. 6, p. 1579-1592, Dec. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392017000601579&lng=en&nrm=iso. Acesso em 08 de dezembro de 2017.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE FREIO ABS NO VEÍCULO HONDA CIVIC SI

CÂNDIDO, B.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. brunocandido12@hotmail.com

CALIANTE, G.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. guiscaliante@hotmail.com

FERNANDES, C. E.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. caduengcivil@hotmail.com

BRANDÃO, S.M.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. sergio.brandao@unievangelica.edu.br

GOMES, F. S.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. fabioengenheiromec@gmail.com

Resumo:

Os sistemas anti-bloqueio de roda podem salvar vidas, por causa dessa afirmação; O governo brasileiro exige desde 2014 o uso de sistemas anti-bloqueio(ABS) de rodas nos automóveis brasileiros O ABS funciona através da combinação entre válvulas de controle magnéticas, atuadores hidráulicos e sensores de velocidade de roda que quando acionados atuam em conjunto promovendo uma melhor dirigibilidade em situações de risco. Este trabalho tem a finalidade de avaliar o desempenho de um sistema de frenagem com um equipamento de anti-bloqueio, (ABS) em um veículo modelo Honda Civic SI. A metodologia aplicada para realização do mesmo baseou se na realização de ensaios em uma pista comum com dimensões definidas, simulando frenagem brusca, aplicando frenagens com o sistema anti-bloqueio e outras sem o mesmo. Foram utilizados os mesmos parâmetros, como, velocidades e distâncias para as duas situações, conforme norma ABNT NBR 10966-1 2013, a fim de comprovar que a distância de frenagem do veículo com o uso do sistema, será menor em vista da ausência desse mesmo, fazendo com que assim seja evidenciado o impacto direto na segurança. Após a realização dos testes, os resultados se mostraram condizentes com o esperado, e através das medições, comprovou se que o sistema de freio com o anti-bloqueio necessitou de menor distância até a total parada do veículo.

Palavras-chave: Freio com ABS; dirigibilidade; segurança

Abstract:

Wheel anti-lock systems can save lives, because of this claim; Since 2014, the Brazilian government has demanded the use of wheel anti-blocking (ABS) systems in Brazilian automobiles. ABS works by combining magnetic control valves, hydraulic actuators and wheel speed sensors that when actuated work together to promote better maneuverability in situations of risk. This work aims to evaluate the performance of a braking system with anti-locking equipment (ABS) in a Honda Civic SI model vehicle. The methodology applied was based on the performance of tests in a common lane with defined dimensions, simulating abrupt braking, applying brakes with the anti-blocking system and others without it. The same parameters were used, such as speeds and distances for both situations, according to ABNT NBR 10966-1 2013, in order to prove that the braking distance of the vehicle with the use of the system will be smaller in view of the absence of the same, thus showing the direct impact on safety. After the tests were carried out, the results were shown to be in line with what was expected, and through the measurements, it was verified that the brake system with the anti-locking required less distance until the vehicle stopped completely.

Keywords: Brake with ABS; dirigibility; safety.

1- INTRODUÇÃO

Quando se trata do meio automotivo, os gastos são as principais barreiras para o surgimento de novas tecnologias, e é onde sua aplicação em veículos automotores se torna improvável. O desenvolvimento do sistema de freios ABS foi primeiramente testado em aviões na década de 20 e apenas na década de 60 foram feitos os primeiros testes em carros, porém eram caros, pesados, e não havia sistema eletrônico para fins de segurança como nos dias atuais. A partir da década de 80 foram introduzidos em veículos de luxo e passaram a ser confiáveis. Com o passar do tempo com o estudo de novos materiais e tecnologias, na busca por maior segurança, houve uma grande redução dos custos tornando viável a aplicação em veículos populares, tornando-se até item obrigatório no Brasil em veículos produzidos a partir de 2014 [1].

Atualmente com o desenvolvimento de novos carros e suas potências atingindo números cada vez maiores, algo que no Brasil com a situação em que se encontra as estradas, se torna paradoxal, por isso os sistemas do tipo ABS estão sendo implantados afim de se promover um equilíbrio. Em razão desse desenvolvimento as motos passaram a fazer uso desse modelo de freio. **[Erro! Indicador não definido.]**

Ao se fazer, por exemplo, uma breve comparação entre o Brasil e os países europeus pode-se ver uma grande diferença em relação a suas estradas, na Alemanha as autobahn's possuem velocidades ilimitadas devido a segurança que esse tipo de estrada oferece, o que vai ao contrario do Brasil [2].

Os acidentes de trânsito em território brasileiro geram em torno de 56 bilhões de reais em prejuízo aos cofres públicos, onde um acidente sem vítima fatal custa em torno de 60 mil reais, já um acidente fatídico os números já sobem para 600 mil reais. A escolha do ABS pelo governo brasileiro mostra a preocupação em reduzir esses números estatísticos. [3]

No Brasil houve uma demora significativa até o sistema de anti-bloqueio das rodas ser exigido como item obrigatório para as montadoras de veículos, isso se deve aos dados alarmantes que a pesquisa recente vem revelando. Segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) entre 2007 e 2014 cerca de 43 mil pessoas perderam suas vidas em território nacional devido a acidentes de trânsito, o coordenador técnico da pesquisa, Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho enfatizou:

“depois de 10 anos de uso em outros países, apenas há pouco tempo estamos exigindo o AIRBAG e o freio ABS nos automóveis. Muitas vidas foram perdidas por essa defasagem.” [3]

O sistema de freio convencional tem como principal objetivo promover a redução da velocidade de um veículo até a sua para quando submetido a uma situação de risco, salva suas condições de segurança, além também de manter a inércia do automóvel em situações de parada, como no caso em um estacionamento. Mas o sistema convencional apresenta um agravante, que é o bloqueio das rodas quando o pedal de freio é acionado por completo, o que vai diretamente ao contrário de seu princípio, que é promover o controle do veículo. Em razão desse problema foi desenvolvido o ABS a fim de se evitar o bloqueio das rodas. **[Erro! Indicador não definido.]**

O ABS é um sistema que de uma forma eletrônica contabiliza a força usada no pedal de freio e a relaciona com a velocidade da roda, essa relação promove o não bloqueio da roda em qualquer superfície e condição de pista, fazendo com que assim o condutor tenha mais domínio da direção do carro mantendo-o em uma trajetória retilínea, em uma situação de frenagem brusca. De uma forma direta reduz as taxas de acidentes de trânsito. **[Erro! Indicador não definido.]**

Este trabalho tem como objetivo o estudo do desempenho do sistema de freio ABS e de suas partes em um veículo modelo Honda Civic SI, para demonstrar através de testes em campo a eficiência desse tipo de sistema de freio, o qual é obrigatoriamente instalado em carros nacionais fabricados desde 2014.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- Marcas de Frenagem

Os sistemas de freios em geral funcionam de uma forma básica, que consiste em utilizar pastilhas uma em cada lado do disco, ou lonas (sapatas) no caso de tambor de freio, os quais são acionados sobre certa tensão. Para se dar início a uma situação de frenagem é necessário a ação ou estímulo humano, esse estímulo ocorre quando os reflexos do motorista reconhecem uma situação necessária ao uso dos freios, essa ação ocorre em cerca de dois terços de segundo sendo assim chamada de tempo de reação. [4]

As marcas de frenagem ocasionadas por pneumáticos são resultado da deposição de uma fina camada de borracha relacionada ao travamento da roda que faz com que a temperatura de fusão do material seja alcançada. [5]

Basicamente em uma situação de frenagem brusca, existem dois tipos de reação do seu sistema de freio que podem ser vistas no pavimento, são elas:

- Marcas de espelhamento, esse tipo de marcação no pavimento se torna característica de veículo dotados do sistema de freio com ABS, elas veem a ser um sinal mais claro, ou seja, a deposição de borracha ocasionada pelo alcance do ponto de fusão na situação de frenagem ocorre em pequeno grau ou inexistente. Em uma forma compreensível o processo ocorre de forma parecida a retirada de tinta do pavimento, conforme mostra na Figura 1. **[Erro! Indicador não definido.]**

Figura 7- Marcas de espelhamento



Fonte - **[Erro! Indicador não definido.]**

- Marca de frenagem, esse fenômeno ocorre de forma mais comum, onde a borracha do pneu em seu momento de bloqueio atinge o seu ponto de fusão, isso resulta em depósito de borracha no pavimento, são essas as marcas mais escuras nos asfaltos. [7]

Figura 8 - Marcas de frenagem



Fonte - [7]

2.2 O ABS (Antilock Breaking System)

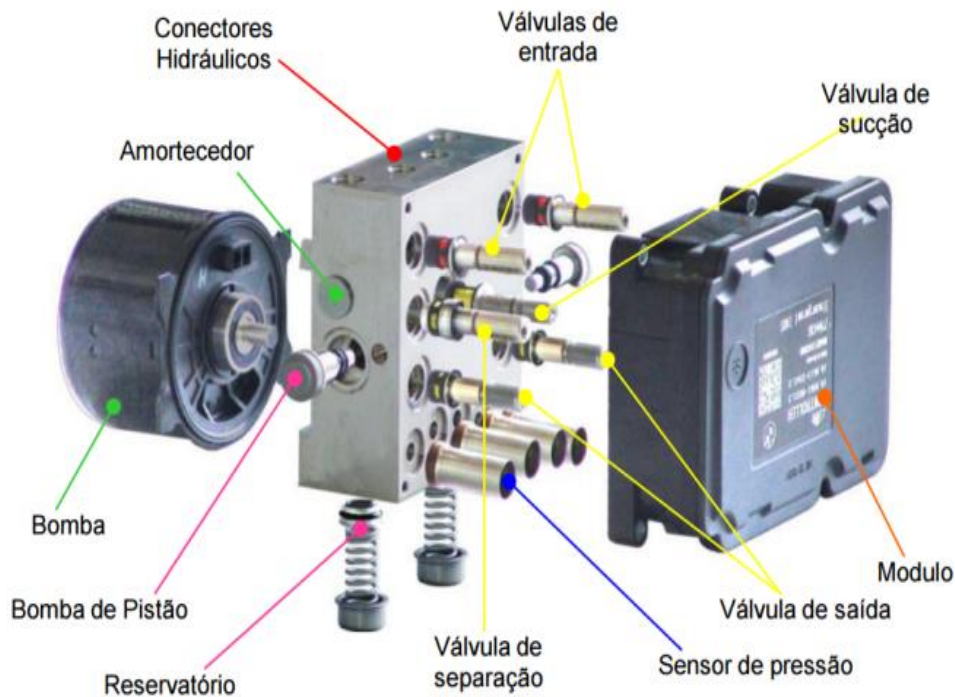
O sistema de freio do tipo ABS atualmente implantados no Brasil, servem para promover uma não parada das rodas em situação de frenagem brusca. Esse sistema de freios promove uma maior dirigibilidade do veículo

quando seus freios estão atuados em toda capacidade. Em situações de uso do ABS, muitas das vezes a distância de frenagem do veículo será bem menor vista o uso do freio sem esse sistema. O ABS hoje em dia pode ser utilizado tanto para veículos de passeio quanto em veículos comerciais de grande porte, a diferença é que os veículos comerciais apresentam sistemas pneumáticos. [6]

2.2.1 – Funcionamento

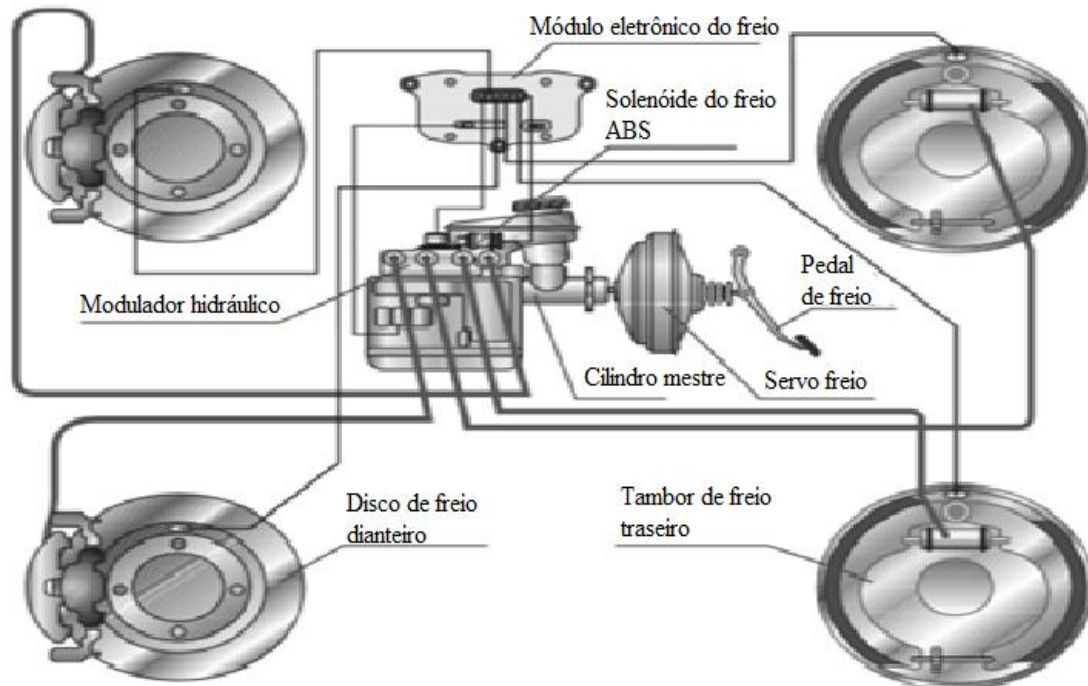
O funcionamento do sistema ABS é bastante simples, normalmente são fixadas entre o cilindro mestre e o cilindro da roda um modulador hidráulico conforme mostrado nas Figuras 3 e 4. Quando há o acionamento do pedal de freio a válvula de entrada se abre, e no mesmo instante a válvula de saída permanece fechada fazendo assim a pressurização do cilindro da roda. Após determinado tempo o sensor da roda faz a leitura da velocidade, se houver desaceleração ele fecha as duas válvulas mantendo a pressão no cilindro estável. Se mesmo assim o sensor da roda acusar um escorregamento do pneu, isso fará com que a central compare o valor obtido com um valor referencial ideal, se constatado um valor que exceda o ideal a válvula de saída será aberta gradativamente enviando o fluido para o cilindro mestre novamente e aliviando a pressão na roda mantendo-a em movimento sem ocasionar seu bloqueio. [7]

Figura 9 - Modulador hidráulico do ABS



Fonte - [8]

Figura 10 - Esquema simplificado do funcionamento do ABS



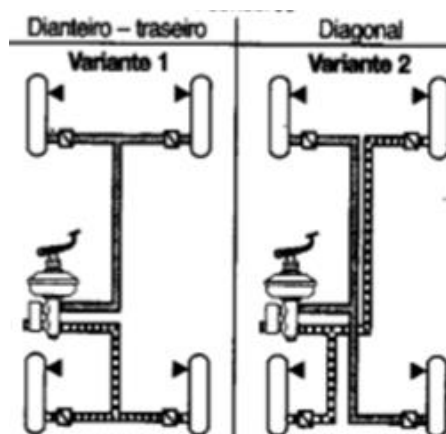
Fonte - [9]

2.2.2 - Variações do sistema

2.2.2.1 - Sistema 4 canais e 4 sensores

Para o sistema 4 canais e 4 sensores tudo funciona de forma independente, onde um eixo possui um canal e um sensor a cada roda fazendo assim as leituras de velocidade e suas respectivas pressões de freio de forma singular, distribuindo assim a carga de frenagem diferentes para as quatro pinças de freio. Devido ao seu alto custo para as montadoras, seu uso já não se faz mais presente. Este sistema está ilustrado na Figura 5. [10]

Figura 11- ABS com 4 canais e 4 sensores

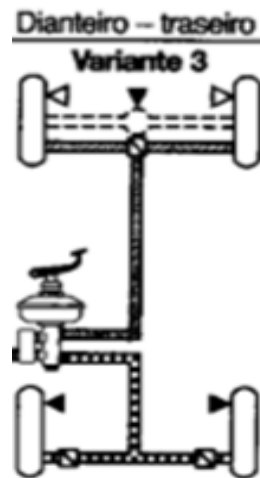


Fonte - [11]

2.2.2.2 - Sistema 3 canais e 3 sensores

Esse tipo de sistema tem uma aplicação semelhante a anterior, dividida em dois sensores e dois canais independentes nas rodas dianteiras e um sensor e canal para o eixo traseiro, que por sua vez é instalado no diferencial em casos de veículos de tração posterior, causando assim certas restrições ao funcionamento, devido à ação da caixa diferencial não refletir exatidão, conforme ilustrado na Figura 6. [14]

Figura 12- ABS com 3 canais e 3 sensores

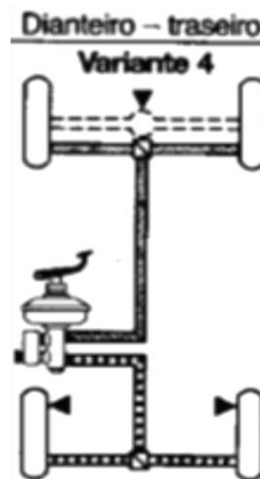


Fonte - [11]

2.2.2.3 - Sistema 2 canais e 3 sensores

Esse sistema se torna o mais simples e o mais defasado, pois são colocados um conjunto de dois canais e um ou dois sensores no eixo traseiro, sendo assim o eixo dianteiro fica sem a atuação do sistema, restando-lhe o sistema convencional, e se a pressão no freio dianteiro for alta, ocasionará o travamento das respectivas rodas. Vide Figura 7. [11]

Figura 13- ABS com 2 canais e 3 sensores



Fonte - [11]

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Materiais

A medição dos parâmetros de velocidade e desaceleração dos ensaios foram realizados a partir de um equipamento de escâner Hondata FlashPro conforme mostrado na Figura 8, e a leitura e interpretação dos dados realizados pelo software FlashPro Manager, projetado exclusivamente para o aparelho Hondata FlashPro. Para medição da distância percorrida após acionamento de frenagem foi utilizado uma trena manual Robust 76-50 de

50 metros, e um automóvel de marca Honda e modelo Civic SI 2.0 16V DOHC i-VTEC, 2007/2008, 192 c.v. com velocidade máxima de 215 km/h. As suas características estão apresentadas na Figura 9 e nas Tabela 1e 2.

Figura 8 – Hondadata FlashPro



Fonte - Autor

Tabela 1 - Peso do Veículo (kg)

Peso do Veículo (Kg)	
Peso	1322
Carga útil	340
Peso bruto total	1662

Fonte – [12]

Tabela 2 – Dimensões do veículo

Dimensões do veículo	
Comprimento total	4489 mm
Largura total	1752 mm
Altura total	1450 mm
Distância entre eixos	2700 mm
Bitola dianteira	1492 mm
Bitola traseira	1521 mm

Fonte – [Erro! Indicador não definido.]

Pneus MOMO M3 225/45 R17, com 2000 km rodados, onde serão realizados os ensaios de frenagem com o abs em ação e sem o mesmo.

A Figura 10 mostra o disco de freio do veículo que será utilizado nos testes, onde mostra as ranhuras com função de limpeza das pastilhas de freio, e na Tabela 3, juntamente com a Figura 11 podem-se observar as especificações do freio do automóvel e o modelo do modulador.

Figura 10 – Disco de freio frisado.



Fonte – Autor

Tabela 3 – Sistema de Freio

Sistema de Freio	
Acionamento	Hidráulico convencional
Rodas dianteiras	Freio a disco com pinça flutuante e disco ventilado
Rodas traseiras	Freio a disco com pinça flutuante e disco rígido
Fluido de freio	ATE dotch 4 (260°C)
ABS	NISSIN nk12

Fonte – [Erro! Indicador não definido.]

Figura 11: Modulador de freio



Fonte – Autor

3.2 – Métodos

O experimento será realizado em solo seco e pavimentado, onde a velocidade mínima para teste estabelecida é referente á 30% da velocidade máxima do carro e a velocidade máxima á 60% de acordo com a norma regulamentadora ABNT NBR 10966-1:2013 [13].

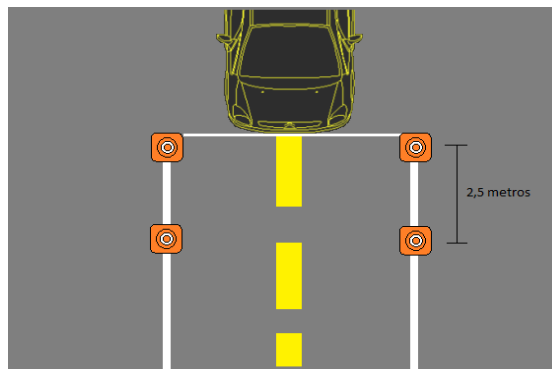
No entanto foram estabelecidas velocidades constantes de 65, 85, 100 e 110 km/h, e posteriormente foram realizados medições do percurso de frenagem, logo após a realização dos testes, obtendo os resultados referente às distâncias necessárias para frenagem total em cada situação.

Foram realizados 3 frenagens para cada velocidade afim de se ter uma maior confiabilidade de resultados. O resultado obtido descreve a média e desvio padrão das mesmas frenagens, tanto para o sistema ABS ativado quanto para o desativado.

O desacionamento do ABS foi feito manualmente, o conectores dos sensores de roda foram retirados fazendo com que o sistema desabilite a função do ABS passando a atuar assim o freio convencional.

Conforme a Figura 12 o esquema de frenagem utilizado pela equipe para realização dos testes, foi sinalizado com cones e uma faixa branca no solo com 2,5 metros de variação entre os cones para o acionamento do freio.

Figura 12 – Esquema de frenagem montado pela equipe



Fonte – Autor

4 - RESULTADOS

4.1 – Resultados dos Ensaios com ABS ativado

Após a realização dos testes em pista pavimentada, os resultados contidos na tabela 1 e 2 onde foram realizados três testes para cada velocidade programada tanto para o uso do ABS quanto para ele desativada. Os resultados de distância foram obtidos através de uma trena manual e as leituras de desaceleração do veículo através de um software de mapeamento do veículo.

Conforme visto Figura 12, um veículo que não utiliza o sistema ABS, irá percorrer maior distância do que um veículo com o sistema ativado, contando também que o desgaste dos pneus é extremamente maior, ou seja, segurança e despesas são evitadas com o uso do ABS.

Na figura abaixo, demonstra-se a marca do início do local escolhido para ser feita a frenagem, seguida da marcada frenagem, onde o veículo não estava utilizando do sistema ABS.

Figura 13 – Marca da frenagem em um veículo sem sistema ABS



Fonte – Autor

A tabela 1 a seguir, informa as distâncias obtidas nos três testes de frenagem em 4 diferentes velocidades. A média final foi encontrada a fim de se padronizar o resultado.

Tabela 4 – Teste de Frenagem com ABS ativo

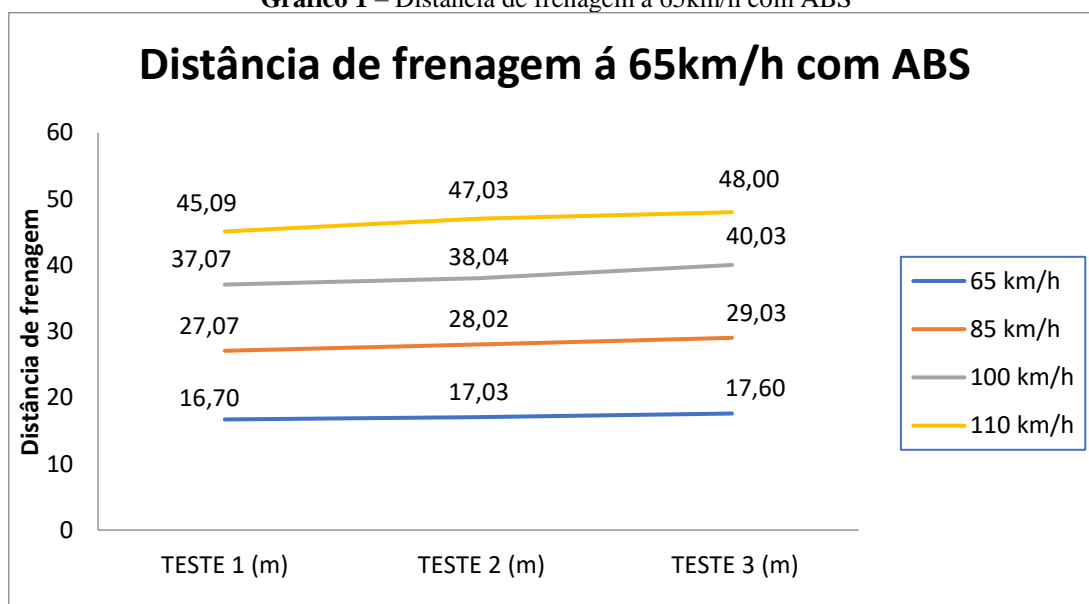
VELOCIDADE	TESTE 1 (m)	TESTE 2 (m)	TESTE 3 (m)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO (m)
65 km/h	16,70	17,03	17,60	17,10	0,45
85 km/h	27,07	28,02	29,03	28,00	0,97
100 km/h	37,07	38,04	40,03	38,30	1,50
110 km/h	45,09	47,03	48,00	46,70	1,48

Fonte – Autor

O gráfico 1, mostra como exemplo os resultados para ABS ativo observando de nitidamente a curva característica do aumento da distância, se assemelhando a uma reta, pois, os testes foram realizados ao ar livre, por isso ações como o vento e até mesmo a reação do condutor podem influenciar na linearidade dos resultados.

Constata-se também que a medida com que o número de testes vai aumentando a distância também aumenta gradativamente, em decorrência do aquecimento do sistema de freios e pneus ocasionando a diminuição da sua eficiência com isso quanto mais testes forem realizados maior será a curva do aumento da distância.

Gráfico 1 – Distância de frenagem á 65km/h com ABS



Fonte – Autor

4.2 – Resultados dos ensaios com ABS desativado

A Tabela 5 mostra as distâncias obtidas para os três testes em cada velocidade, mas com o sistema ABS desativado, ressalvo que para esse teste as mesmas condições em que foram submetidos os teste com ABS ativo foram aplicados.

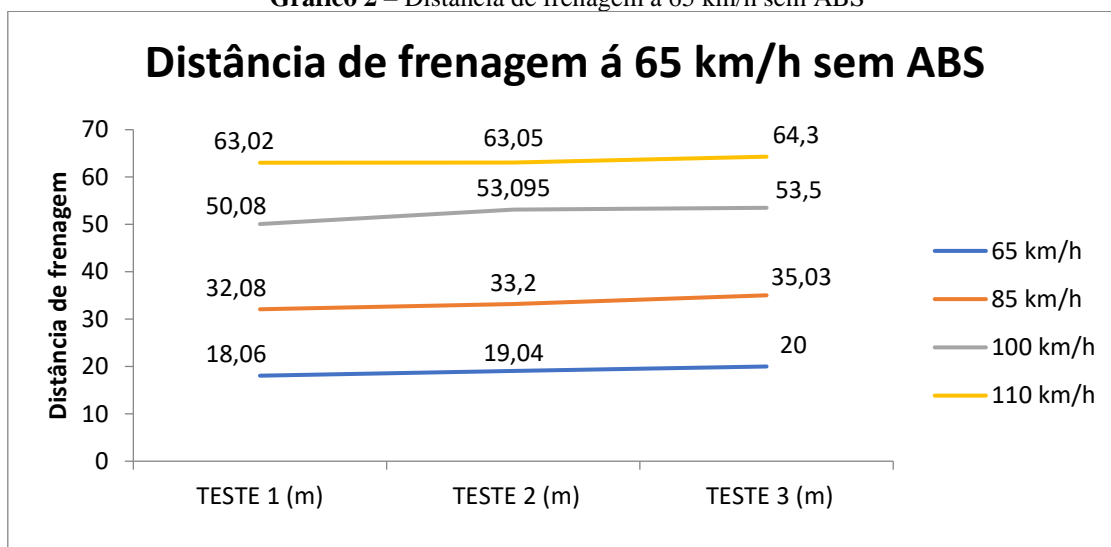
A linearidade do aumento das distâncias dos testes evidenciados para o dispositivo ativado, também se aplicam a esse teste como mostra o gráfico 2.

Tabela 5 – Teste de frenagem com ABS desativado

VELOCIDADE	TESTE 1 (m)	TESTE 2 (m)	TESTE 3 (m)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO (m)
65 km/h	18,06	19,04	20,00	19,03	0,96
85 km/h	32,08	33,20	35,03	33,43	1,48
100 km/h	50,08	53,09	53,50	52,22	1,86
110 km/h	63,02	63,05	64,30	63,45	0,72

Fonte – Autor

Gráfico 2 – Distância de frenagem á 65 km/h sem ABS



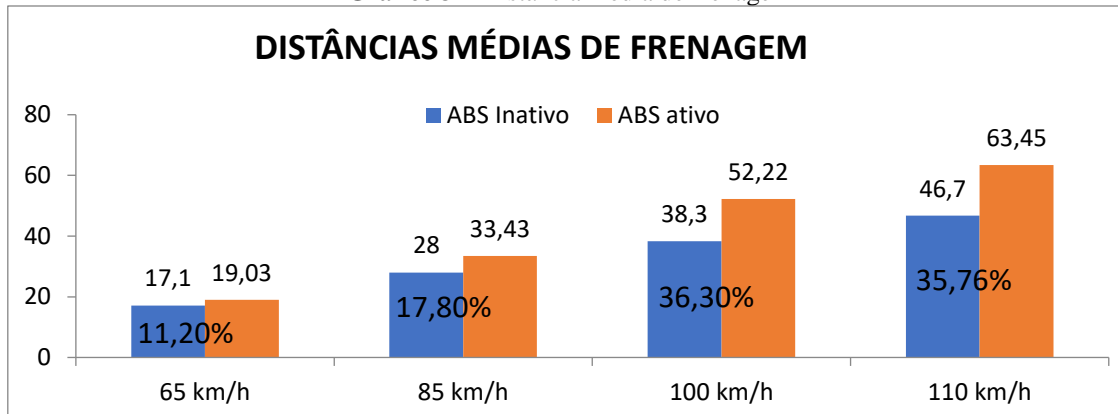
Fonte - Autor

4.3 – Análise Comparativa

A tabela 6 aborda o comparativo entre as velocidades e suas distâncias de frenagem tanto para ABS ativo quanto para ABS inativo mostrando às suas diferenças percentuais, que representa o aumento das distâncias percorridas. Se comparados as velocidades inicial e final percebe se que a taxa de aumento cresce significativamente, pois, para 65km/h se tem uma taxa de 11,20% enquanto para a velocidade de 110km/h a taxa já aumenta para 35,76%, comprovando que a medida com que a velocidade aumenta o ABS vai se mostrando eficiente. Tal fato se deve, devido a diminuição do coeficiente de atrito, o que faz com que em velocidades maiores o carro deslize por maiores distâncias.

No gráfico 3, é apresentado um comparativo entre as duas velocidades, onde deixa mais claro a ideia de eficiência do freio ABS.

Gráfico 3 – Distância média de frenagem

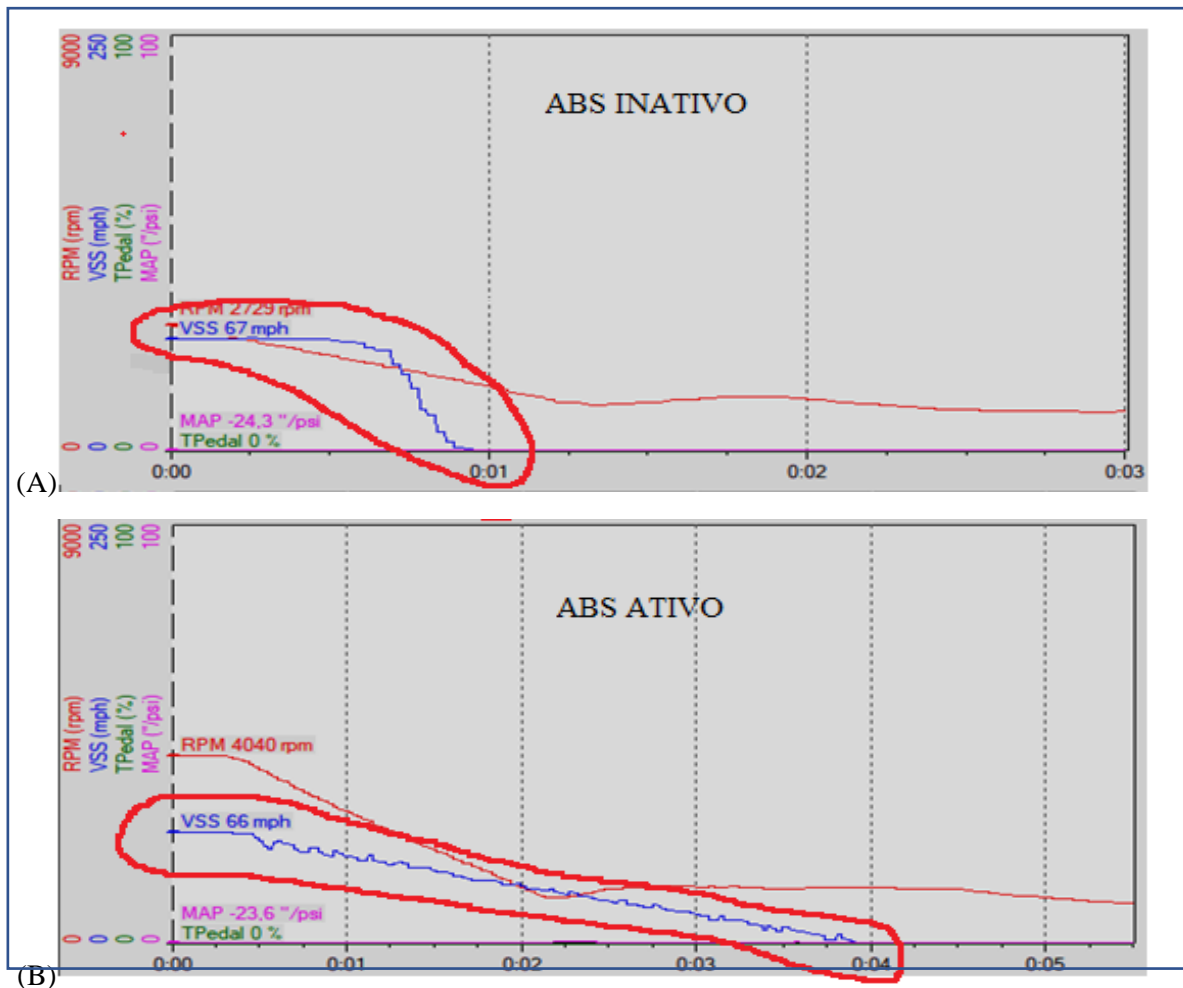


Fonte – Autor

O principal objetivo de um sistema ABS desde sua origem é evitar o travamento das rodas do veículo, fazendo com que assim o condutor possa ter total controle do veículo em casos de frenagens bruscas e muitas vezes evitando um acidente grave, podendo assim parar antes de colidir ou até mesmo se desviar do obstáculo.

O princípio de todas as frenagens são as mesmas para todas as velocidades citadas anteriormente. A Figura 14, apresenta um modelo de gráfico obtido através do software (FlashPro Manager), que nos mostra os comparativos entre a velocidade de roda para os dois tipos de sistema e o tempo de frenagem até parar.

Figura 14 – Gráficos comparativos com velocidade de 110km/h para ABS inativo (A) e ativo (B)



Fonte – Autor

A Figura 14 nos mostra no destaque a principal função do ABS no momento da frenagem, lembrando que a parte gráfica em azul cercada com a margem vermelha mostra a velocidade da roda lida pelos sensores do carro, e fica claro que no momento em que o pedal é acionado começa a redução brusca da velocidade.

Para o ABS ativo pode-se observar que a velocidade diminui de forma gradativa, com pequenos aumentos em sua trajetória, simbolizando assim o funcionamento do freio ABS. Já o gráfico do ABS inativo, a queda da velocidade das rodas se torna mais repentina, o que reforça a tese de que os freios convencionais provocam o travamento das rodas.

Para se ter uma confirmação da validade dos resultados, em um estudo realizado na Faculdade Federal de Santa Catarina (UFSC) com o mesmo propósito deste, onde também se analisa a distância percorrida pelo veículo na situação de frenagem para o uso ou não do ABS, obtiveram resultados proporcionais, visto que, as velocidades para início da frenagem são bastante próximas.

As Figuras 15 e 16 fazem esse comparativo, entre o resultado obtido nesse trabalho e o da UFSC onde fica evidenciado tal semelhança. Utilizando como exemplo as velocidades de 85 km/h para esse trabalho e 80 km/h para a UFSC. [14]

Tabela 7 – Resultados obtidos pela UFSC

	Teste	1	2	3	Média
80 km/h	ABS ativo	23,94	23,40	25,40	24,80
	ABS inativo	27,90	28,53	30,80	30,49

Fonte – [14]

Tabela 8 – Resultados obtidos neste trabalho

	Teste	1	2	3	Média
85 km/h	ABS Ativo	27,07	28,02	29,03	28,00
	ABS Inativo	32,08	33,20	35,03	33,43

Fonte – Autor

5 - CONCLUSÃO

Os experimentos feitos em pista pavimentada seca foram de extrema importância para o estudo da eficiência do ABS, pois eles evidenciam uma diferença de distâncias de parada total do carro de mais de 30%, isso é uma diferença significativa se pensado que esses dois tipos de sistemas de freios são utilizados o tempo todo nas ruas e estradas brasileiras.

A medida com que a velocidade de rolagem de uma pista aumenta, as chances de um acidente ocorrer é maior, pois para maiores velocidades são necessárias maiores distâncias de parada.

Através desse trabalho foi possível evidenciar a eficiência de um freio dotado do sistema ABS, onde foram aferidas velocidades diferentes e mais comuns em território nacional, mostrando assim que ele não causa o travamento das rodas, vindo contra a proposta do freio convencional.

Em pesquisas sobre o tema, identificou se que em um trabalho realizado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no qual foi adotado métodos semelhantes a este trabalho, onde vários testes foram feitos em velocidades similares e em condições de pista parecidos, demonstraram resultados próximos aos obtidos nesse artigo, evidenciando assim que a metodologia adotada foi adequada, pois permitiu obtenção de resultados coerentes.

Conclui-se assim que o freio ABS possui uma eficiência notável em comparação ao freio convencional, demonstrando que o não travamento das rodas auxilia em uma parada total com menor distância resultando em um maior controle do veículo. Comprova se ainda que a necessidade de regulamentar o uso deste tipo de sistema de freio como item obrigatório em veículos por parte do governo é essencial para permitir maior segurança no trânsito.

REFERÊNCIAS

- [1]LIMA, José de Jesus Botelho de. **SISTEMA ANTIBLOQUEIO (ABS) PARA FREIOS ELETROMECAÑICOS UTILIZANDO CONTROLE POR MODOS DESLIZANTES**. 2005. 110 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Ufrj, Rio de Janeiro, 2005.
- [2]SOARES, Célio Roberto. **SISTEMA ANTIBLOQUEIO DE FRENAGEM, SENSORIAMENTO E APLICAÇÕES NA ENGENHARIA AUTOMOTIVA**. 2012. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Itatiba, 2012.
- [3]IPEA. **Acidentes em rodovias custam R\$ 40 bilhões por ano**. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=26292>. Acesso em: 03 abr. 2017.
- [4]JARDIM, Saulo Anderson Bibiano. **Freios**. Curso de Engenharia Mecânica - UFMG. Disponível em: <<file:///C:/Users/Roberto1/Desktop/Caldeiras/Freio - Funcionamento.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2017.
- [5]SILVA, Luís Carlos. **A MECÂNICA NEWTONIANA APLICADA NA DINÂMICA DOS ACIDENTES DE TRÂNSITOS RODOVIÁRIOS - UM SUPORTE PARA DECISÕES FORENSES**. 2014. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, Instituto de Física – Infis, Uberlândia, 2014.
- [6]CRIMINAL, Wilson Toresan Jr. – Perito. **CÁLCULO DE VELOCIDADE PARA VEÍCULOS EQUIPADOS COM SISTEMAS DE FREIOS ABS**. Disponível em: <https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/pericia_velocidade_em_ABS.pdf>. Acesso em: 31 maio 2017.
- [7]SIQUEIRA, Tulio Cesar Pessotto Alves. **SISTEMAS DE CONTROLE AUTOMOTIVO**. 2005. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais – Ceca, Universidade Federal de Ouro Preto Ufop, Ouro Preto, 2005.
- [8]BMW. **Sistema ABS**. Disponível em: <http://www.beemer.com.br/wp-content/uploads/2014/05/BMW_Motorrad_-_Sistemas_ABS.pdf>. Acesso em: 31 maio 2017.
- [9]NAKATA. **Manual sistema de freios**. Disponível em: <[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM053/Aulas/extras/Manual sistema de freios - Nakata.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM053/Aulas/extras/Manual_sistema_de_freios_-_Nakata.pdf)>. Acesso em: 31 maio 2017.
- [10]MARÍLIA, Djanir. **Sistema de Freios ABS**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgzVUAL/sistema-freios-abs>>. Acesso em: 05 jun. 2017.
- [11]BOSCH (Brasil). **MANUAL DE TECNOLOGIA AUTOMOTIVA**. 25. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005. 1231 p.
- [12]DESCONHECIDO (Ed.). **Ficha Técnica**. Carros na Web. Disponível em: <<http://www.carrosnaweb.com.br/fichadetalhe.asp?codigo=852>>. Acesso em: 01 jun. 2017.
- [13]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10966-1 2013: Veículos rodoviários automotores - sistema de freio parte 1: disposição uniforme relativas á aprovação quanto á frenagem para veículos das categorias M, N, O**. Brasil, 2015.
- [14]BORBA, Thiago de. **COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO EM FRENAGEM DE VEÍCULO COM SISTEMA ABS ATIVO E INATIVO**. 2016. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Automotiva, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

ESTUDO DE CASO: INVESTIGAÇÃO DO PROCESSO DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVE

AMORIM, R.D.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. rafaelamorim_engmec@outlook.com

BUENO, D.S.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. diogobueno2010@hotmail.com

TORRES, L.H.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. leandrohenrique_@live.com

DIAS, M.J.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. marcio.dias@unievangelica.edu.br

MORAIS, S. J. S.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. sijanaina@yahoo.com.br

MARÇAL, R.C.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. roberto.marçal@docente.unievangelica.edu.br

Resumo:

Pesquisa desenvolvida em um hospital brasileiro, de modo a investigar os custos, a eficiência e a qualidade do processo de esterilização hospitalar, realizado no Centro de Materiais Estéreis (C.M.E) por uma autoclave (A autoclave em questão foi uma de tipo horizontal da marca Ortosíntese e modelo AC-523). A esterilização hospitalar é uma técnica para destruir todas as formas de vida microbiana (vírus, fungo, bactéria, esporos, protozoários e helmintos) em superfícies e objetos que tenham algum tipo de contato com o paciente prevenindo assim o risco de infecções. Para a identificação das principais falhas e acertos do processo de esterilização, foram realizados os levantamentos dos possíveis e frequentes problemas mecânicos e elétricos da autoclave, o modo de operação de todos os operadores da máquina, o tipo de esterilização usada, e os itens que são comumente esterilizados pelo processo. Também foi verificada a adequação da máquina e do processo nas normas vigentes que regem o setor e o aparelho. Através dos dados coletados nos levantamentos das informações do processo foram observadas várias avarias, e então adotadas medidas de intervenção no método de gerenciamento do sistema, máquina e treinamentos dos profissionais envolvidos. Ao fim da pesquisa conclui-se um plano de aperfeiçoamento do rendimento da máquina, de diminuição do valor gasto na esterilização, melhoria da qualidade do processo e uma melhor compreensão técnica do funcionamento e operação da autoclave pela equipe do C.M.E.

Palavras-chave: Autoclave, Manutenção, Hospitalar.

Abstract: This research was carried out at the Brazilian hospital, aiming at an investigation of the costs, efficiency and quality of the hospital sterilization process carried out at the Center for Sterile Materials (CME) by an autoclave. Hospital sterilization is a technique to destroy all forms of microbial life (virus, fungus, bacteria, spores, protozoa and helminths) on surfaces and objects that have some kind of contact with the patient, preventing the risk of infection. In order to identify the main failures and correctness of the sterilization process, the possible and frequent mechanical and electrical problems of the autoclave, the operation mode of all the machine operators, the type of sterilization used, and the items sterilized by the process. It was also verified that the machine and process suit the current regulations governing the industry and the appliance. No method of system management, machine and training of the professionals involved was found. At the end of the research, a plan to improve the efficiency of the machine, to reduce the amount spent in sterilization, to improve the quality of the process and to improve the technical understanding of the operation and operation of the autoclave by the C.M.E.

Keywords: Autoclaves, Maintenance, Hospital.

1.Introdução

A esterilização é o método usado para eliminar todas as formas de vida microbiana (fungos, vírus, bactérias, protozoários e helmintos) tanto por agentes físicos ou químicos. É um processo extremamente importante em ambientes hospitalares usado diariamente como instrumento preventivo de infecções [1].

Segundo a OMS, por volta de 100 mil pessoas morrem no país devido a infecções e mais de 60% de pacientes localizados em UTI's adquirem algum tipo de infecção ao longo de sua permanência no hospital [2].

Sendo assim todo hospital deve utilizar uma central de material e esterilização (CME), local onde se realiza a esterilização de artigos e equipamentos hospitalares. Para o CME realizar as esterilizações de forma rápida e eficiente, são usados aparelhos esterilizadores denominados autoclaves. Esses equipamentos esterilizam por meios de agentes físicos, como o vapor, sendo os fatores críticos do processo, a temperatura, a pressão, e o tempo de permanência dos artigos no aparelho [3,4].

O seguinte Hospital onde será realizado o estudo de caso é um estabelecimento brasileiro de saúde que comporta mais de 200 pacientes e, portanto, é uma fundação que necessita de um centro de material e esterilização eficiente, que apresente autoclaves em ótimo estado de funcionamento, e que garanta um suprimento constante e seguro de materiais estéreis. Com isso foi realizada uma investigação, onde a partir de janeiro de 2017 foram detectadas várias paradas inesperadas em uma autoclave AC 523, além de excesso de manutenções corretivas no equipamento, prejudicando assim todo processo de esterilização.

Com as paradas da máquina os artigos hospitalares não eram esterilizados, sendo assim não eram entregues aos demais setores internos. O excesso de manutenções corretivas contribuía com o aumento do orçamento, gerando uma grande insegurança no processo de esterilização. O seguinte artigo tem como objetivo realizar um estudo de caso do equipamento apresentado, buscando investigar as paradas, os custos e a qualidade do processo, bem como propor um plano de operação e controle de manutenção visando a melhoria de todo processo.

2.Revisão Literária

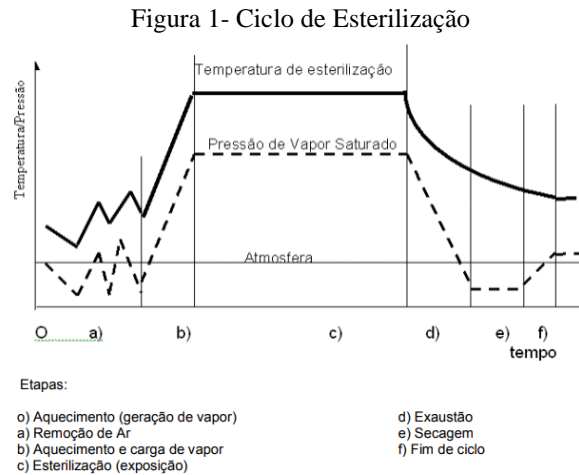
Autoclaves são vasos de pressão utilizados para esterilizar artigos e equipamentos hospitalares. O uso do vapor como agente esterilizante é uma prática comum mesmo antes dos primeiros estudos de microbiologia comprovar sua eficácia. Os registros mais antigos do uso do vapor para a conservação de alimentos foram feitos no século XVI, mas foi, a partir de século XIX, que tal técnica difundiu-se para a esterilização de artigos, materiais, alimentos.

“Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares.” (NR13, 2017, p.4).

As autoclaves possuem inúmeros fabricantes que as projetam com tecnologias e métodos de funcionamento diferentes, sendo algumas com funcionamento analógico, outras digitais, umas mais compactas, outras mais robustas e etc. Apesar de todas elas usarem o vapor como agente esterilizador elas naturalmente apresentam algumas diferenças quando comparadas entre os modelos e marcas disponíveis no mercado. Talvez a principal diferença categórica entre as autoclaves seja seus métodos de retirada de ar das câmaras de esterilização, método aliás que as separam por tipos. Os dois tipos de autoclaves presentes no mercado são as autoclaves gravitacionais e as autoclaves de vácuo [6].

Os modelos de autoclaves gravitacionais retiram o ar de suas câmaras por meio da gravidade, injetam o vapor juntamente com o ar contido expelindo-o, já os modelos de vácuo retiram o ar de suas câmaras de esterilização de maneira forçada, ou seja utilizam bombas de vácuo para realizar a sucção do ar. Por contar com este método esse tipo de aparelho é mais eficiente na retirada de ar de seu interior, tornando o processo mais rápido e eficiente, possuindo uma heterogeneidade técnica entre autoclave de vácuo único e vácuo fracionado, diferenciando-se por uma bomba de vácuo de alta capacidade com um simples ciclo de sucção e a outra com múltiplos ciclos de sucção em intervalos de tempo, este por sua vez possibilita uma menor formação de bolsas de ar na câmara, garantindo uma esterilização mais eficiente [7,8].

Para que uma esterilização seja realizada de forma correta por uma autoclave, três parâmetros (temperatura, pressão, e tempo) são alterados durante um ciclo de funcionamento, essas alterações são separadas em etapas. As etapas são: aquecimento, remoção do ar, carga de vapor, esterilização, exaustão e secagem, realizadas respectivamente (como pode ser demonstrado na figura 1, e explicados no quadro 1, situados logo abaixo). Ao término de todas essas etapas de maneira excepcional obtém-se um material estéril [1,5].



Fonte: [13]

Quadro 1 – Etapas da esterilização de uma Autoclave

Etapas	Funcionamento
Aquecimento	Etapa inicial do processo, quando a água é pré-aquecida por resistências elétricas, chamas ou caldeira externa.
Remoção do Ar	Quando o ar da câmara de esterilização é removido, criando assim uma condição ideal para que todos os artigos tenham a possibilidade de serem atingidos completamente pelo vapor produzido.
Carga de Vapor	Aquecimento da água até a temperatura de esterilização (121°C a 134°C) e posteriormente introdução do vapor nas câmaras internas.
Esterilização	Etapa considerada a mais crucial do processo. Momento em que o material a ser esterilizado entra em contato com o vapor, sendo necessário o tempo para eliminação de toda forma de vida, em conjunto com o tempo de segurança.
Exaustão	Momento em que é expelido o vapor do sistema.
Secagem	Etapa final do processo de esterilização consiste na retirada da umidade dos artigos estéreis por meio de pressão negativa e temperatura elevada.

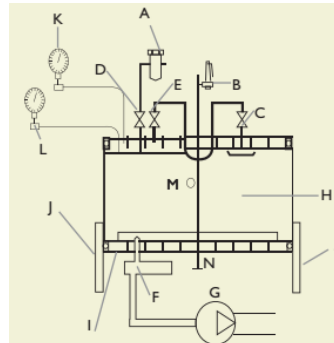
Fonte: [14]

Outro fator crítico que influencia no processo de esterilização é o abastecimento de água. Os parâmetros químicos da água são os que mais influenciam no resultado final de esterilização por vapor saturado. A dureza é um dos principais fatores químicos que influenciam na qualidade da água e é caracterizada por uma presença de sais alcalinos terrosos em sua composição, geralmente o cálcio e o magnésio. Segundo a concentração desses sais, a água pode ser medida em mg/l e dividida em mole quando apresentar uma proporção menor que 50 mg/lCaCO₃ (carbonato de cálcio), moderada entre 50 e 150 mg/lCaCO₃, dura entre 150 e 300 mg/lCaCO₃ e muito dura maior que 300 mg/l CaCO₃. Uma água muito dura ocasiona incrustações em tubulações e em superfícies metálicas como as resistências elétricas de uma autoclave. [9]

As autoclaves contam com instrumentos básicos para a medição, elaboração e controles dos seus agentes críticos (pressão, temperatura e tempo). São eles: isolamento térmico e carcaça, gerador de vapor, bomba de

vácuo (somente para autoclaves a vácuo), manômetros, filtros de água, válvulas de segurança, e portas, como pode ser observado na figura 2 [7,8].

Figura 2 – Instrumentação da Autoclave



Fonte: [6]

Sendo A – Filtro de ar, B – Válvula de segurança da câmara interna, C – Válvula de entrada de vapor na câmara interna, D – Válvula de entrada de ar na câmara interna, E – Válvula de entrada de vapor na camisa (câmara externa), F – Bulbo do dreno e câmara do sensor de temperatura, G – Conjunto de vácuo (Bomba de vácuo), H – Câmara interna, I – Câmara externa (camisa de aquecimento), J – porta, K – Manômetro da câmara externa, L – Manômetro da câmara interna, M – Entrada de validação, N – Pórtico de alimentação de vapor. [6]

3. Metodologia e Dados Coletados

O Estudo de caso foi desenvolvido em um Hospital brasileiro, visando sanar os problemas que ocasionavam uma enorme frequência de paradas de uma Autoclave AC 523. Foram apresentadas as principais características técnicas, operacionais, construtivas do equipamento, visando a melhor qualidade e eficiência do processo de esterilização e uma rastreabilidade mais precisa dos principais problemas apresentados pelo aparelho não se limitando somente a investigação o estudo também se destinou a propor um plano de melhorias e otimização do sistema de esterilização do hospital.

Por se tratar de um processo que requer eficiência e qualidade, tornou-se necessário o acompanhamento das enfermeiras em seus labores diários no CME, analisando desde os primeiros testes realizados na Autoclave, até os procedimentos de operação da máquina. Para a validação da qualidade de todo o processo é necessário que os testes biológicos, químicos (bowie-dick) e físicos (que estão sendo explicados logo abaixo no quadro 2) sejam executados corretamente. Através desses testes podemos identificar qualquer avaria inicial na máquina, antes mesmo dela operar algum ciclo com pacotes, evitando uma futura parada e uma má esterilização acarretando prejuízos para o Hospital.

De acordo com o manual técnico do equipamento, o teste de bowie-dick deve ser realizado todos os dias, durante o primeiro ciclo, sem a presença de pacotes e após o ciclo de aquecimento, já o biológico deve ser realizado uma vez ao dia e em todas as cargas que contiverem implantes, já o teste químico classe 5 deve ser empregado com frequência rigorosa a cada ciclo, respeitando as exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Esses quesitos apresentados não eram respeitados no CME, pois como sempre ocorria remanejamento de funcionários do setor, as enfermeiras que operavam a máquina não entendiam muito bem o processo e nem sua devida importância, sendo assim acabavam realizando-os de forma incorreta distorcendo sua veracidade.

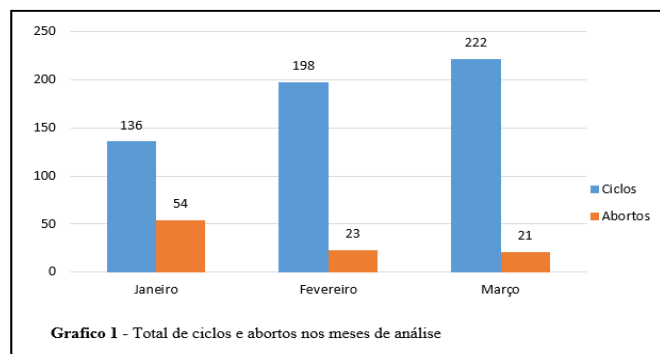
Quadro 2 - Testes

Tipos	Funcionamento
Teste físico.	Monitora os parâmetros físicos, incluindo: tempo, temperatura e pressão de acordo com o ciclo.
Teste químico Classe 5.	Monitora a eficiência da penetração do calor e do material esterilizante. Constitui-se de um indicador, colocado no interior do pacote a ser esterilizado, que reage quando exposto a altas temperaturas e a presença de vapor. Fácil identificação de resultado: apenas observar se ao termino do processo o indicador encontra-se na cor preta.
Teste Bowie - Dick.	Um dos modelos de teste químico mais conhecido, monitora a efetividade da bomba de vácuo, neste teste coloca-se para rodar um ciclo por 4 minutos a 134° Celsius com um indicador colocado no meio do pacote com cerca de 28 centímetros, se o indicador não apresentar homogeneidade na coloração indica que devera ser realizado a manutenção.
Teste biológico.	Monitora a confiabilidade de a autoclave exterminar microrganismos, o teste resume-se em introduzir microrganismos pelo indicador no processo de esterilização, e ao final os indicadores são incubados para verificar a qualidade do processo.

Fonte: Fonte Pessoal

Além da escassa verificação prévia das enfermeiras da qualidade do processo, os frequentes abortos da máquina eram título de grande preocupação no setor. Sendo assim, foram levantados alguns dados da produtividade da máquina durante os três primeiros meses de 2017 a fim de analisar o quão frequente eram esses abortos. Esse levantamento pode ser encontrado no gráfico 1 abaixo. Sendo assim pode ser observado que nos meses de janeiro, fevereiro e março os abortos significaram aproximadamente 28%, 10%, e 9% respectivamente de todos os ciclos iniciados. Índice preocupante não só pelo atraso dos pacotes, mas também pelos altos custos gerados a cada aborto.

Gráfico 1: Ciclos x Abortos



Fonte: Arquivo Pessoal

Especificamente os abortos do equipamento foram observados como interrupções não programadas durante um ciclo de esterilização. Foram encontrados nos registros de ciclos abortados do CME, que na etapa de esterilização, onde a pressão deveria se tornar constante, começava a oscilar e a temperatura da câmara que deveria se manter em 134° C começava a cair, abortando o ciclo.

Como o seguinte artigo resume-se em um estudo de caso de problemas periódicos de abortos inesperados de uma autoclave. Torna-se necessário a realização de uma auditoria em cima dos principais fatores que possam afetar o funcionamento da autoclave, são esses fatores: a temperatura e a pressão de funcionamento da máquina,

a qualidade da água e da energia que a abastecem, o manuseio de seus operadores, a realização correta das manutenções preventivas, e as contradições com os padrões estabelecidos por normas ou por fabricante.

O modelo de autoclave estudado, Ortosíntese AC 523 horizontal do tipo vácuo, conta com um sistema de registro de pressão e temperatura de seus ciclos de esterilização. Esse registro acontece por meio de impressão dos dados em papel específico. Os ciclos e suas respectivas impressões foram acompanhados e registrados de modo a verificar os níveis de pressão e temperatura quando os abortos acontecessem, sendo assim analisado se haveria defeitos no equipamento. Para confiabilidade dos registros impressos é necessária uma calibração periódica do sistema, porém a última foi realizada em 2015, inviabilizando a precisão dos testes realizados.

Objetivando conhecer os parâmetros em relação à água fornecida ao Hospital, foi solicitada uma ampla análise à concessionária responsável pelo abastecimento na região. Como pode ser observado na tabela 1 abaixo, essa análise foi confrontada com os dados exigidos pelo fabricante, obtendo desconformidade apenas em relação à dureza da água, a qual se altera acima do limite em 0,12 mmol/L de CaCO₃, essa elevada dureza aumentava o índice de carbonato de cálcio no sistema, que em contato com a pressão e temperatura de trabalho cristalizava entupindo as tubulações, outro ponto é a ruptura de resistências por aquecimento excessivo, um dos itens mais trocados na manutenção corretiva.

Tabela 1 – Análise da água.

Contaminante	Valor Limite	Valor Encontrado	Resultado
Resíduos de evaporação	≤ 15 mg/L	-	Aceitável
Silício	≤ 2 mg/L	≤ 15 mg/L	Aceitável
Ferro	≤ 2 mg/L	≤ 0.167643 mg/L	Aceitável
Cádmio	≤ 0,005 mg/L	≤ 0,000275mg/L	Aceitável
Chumbo	≤ 0,05 mg/L	≤ 0,003770 mg/L	Aceitável
Resíduos de metais pesados	≤ 0,1 mg/L	≤ 15 mg/L	Aceitável
Cloretos	≤ 3 mg/L	≤ 2,5 mg/L	Aceitável
Fosfatos	≤ 0,5 mg/L	≤ 0,3 mg/L	Aceitável
Condutividade	≤ 50 mS/cm	≤ 41,7 mS/cm	Aceitável
PH	de 6,5 a 8	6,6	Aceitável
Aparência	Incolor, límpida e sem sedimentos.	Incolor, límpida e sem sedimentos.	Aceitável
Dureza	≤ 0,1 mmol/L	≤ 0,22 mmol/L	Não aceitável

Fonte: Arquivo pessoal.

Em relação ao abastecimento elétrico, procurando constatar, se tratava de abastecimento proveniente de concessionária elétrica ou abastecimento próprio (gerador particular), foi certificado que apesar de o hospital possuir gerador elétrico, a máquina era abastecida por concessionária. Em seguida o painel elétrico da autoclave e seus componentes foram analisados, tentando comprovar se estavam dimensionados corretamente. Como o aparelho apresentava uma potência de 30 KW, uma corrente mínima de funcionamento de 53 ampères ligado a um disjuntor de 100 ampères com uma fiação de secção 16 mm² constatou que seu painel elétrico estava dimensionado de forma correta. Aprofundando a investigação verificou-se que apesar de dimensionamento do painel elétrico estar correto, ocorria variação no fornecimento de energia elétrica da concessionária local gerada por decorrência das redes defasadas, essa variação supera o valor limite para oscilação que a máquina foi projetada, sendo maior que 10% no valor de tensão estabelecida pelo fabricante, ou seja, 38 v. Logo quando ocorre uma elevada variação de tensão o ciclo pode ser finalizado, ou seja, abortado.

Atendendo-se ao treinamento dos funcionários do setor averiguou que os mesmos não possuíam treinamento específico para operar o equipamento, desrespeitando os padrões estabelecidos pelos fabricantes.

Sendo assim dispunham os pacotes de forma incorreta no interior da câmara de esterilização, em desacordo com o limite de 80% do volume dos pacotes máximos permitidos, além do espaçamento incorreto entre os pacotes e entre as paredes da câmara interna, que deveriam ser de 3 centímetros entre eles. Além de serem fatores que podem ocasionar a parada da máquina influenciam também na eficiência e na qualidade da esterilização.

Não somente foram analisados padrões técnicos e operacionais da máquina como também realizado a verificação de parâmetros estabelecidos por normas relacionados à máquina, buscando examinar se a autoclave não descumpria nenhum tópico de suas normas vigentes. As normas técnicas utilizadas foram a ABNT NBR 11.816:2003, NBR ISO – 17665-1:2010 e RDC 15 – ANVISA-.

Um dos fatores cruciais para o bom funcionamento de qualquer equipamento é a realização constante de manutenções preventivas, sendo assim as buscas no histórico das manutenções preventivas, das suas frequências, de seus custos, e dos itens trocados com maior frequência, serviram para analisar se estavam de acordo com o recomendado para uma Autoclave AC-523. Segundo os registros de manutenção da máquina, a última intervenção preventiva foi realizada em 2015, no ano de 2016 não foi encontrado nenhum registro de preventiva o que resume em uma falta de plano de manutenções. A inexistência de um planejamento e controle de manutenções (PCM) pode acarretar em um funcionamento duvidoso da máquina, onde seus componentes possuem suas vidas úteis de funcionamento ultrapassadas segundo o fabricante, justamente esse erro relatado gera o excesso de manutenções corretivas. Como os custos das manutenções corretivas anuais ultrapassam os das preventivas, foi realizado um PCM para gerenciar as intervenções na autoclave, garantindo um processo viável e confiável.

Entrando em contato com os responsáveis técnicos da autoclave, descobriu-se mais um problema fora estes já diagnosticados, desde sua instalação até o presente momento, a memória responsável por arquivar todos os dados a respeito do ciclo (Eprom) do equipamento, a qual deveria ser reinicializada anualmente, não obteve esse procedimento desde 2015. Assim sem zerar a memória o equipamento não trabalhara como recomendado pelo fabricante.

4.Resultados e Discussão

Reunindo os dados coletados da máquina, foram observados problemas referentes à dureza da água que abastece a autoclave, a tensão elétrica de alimentação, a falta de realização dos testes de qualidade e a ausência de um plano de controle das manutenções preventivas na máquina (PCM). Foi observado que a má qualidade da água ocasionava a queima excessiva das resistências elétricas, a não realização dos testes de qualidade garantiam uma má verificação da eficiência da esterilização, e a falta de um PCM ocasionava um excesso de manutenções corretivas o que gerava um processo muito caro, inconfiável e incontinuo. A causa dos abortos foi diagnosticada como sendo um acúmulo dos problemas citados acima. Levando isso em consideração cada problema foi resolvido de uma forma específica, buscando minimizar as paradas da máquina.

Como não é possível alterar a composição da água de abastecimento da autoclave sem um investimento em uma central de tratamento de água própria para a máquina, foi sugerido um adiantamento da troca dos filtros de água da máquina, prevendo assim uma saturação das mesmas. Quando se adianta a troca dos filtros os mesmos são trocados antes de se saturarem, o que evita que o carbonato de cálcio entre em contato com as resistências. Além disso, a dureza também pode entupir a tubulação do equipamento quando em contato com pressão e temperatura, ocorrendo assim uma cristalização, logo para solucionar esse fato, recomendou-se também a realização de uma limpeza na tubulação anualmente.

Em relação à energia elétrica oscilante, foi realizada uma troca em seu abastecimento. Ao invés de ser abastecido pela concessionária elétrica, o quadro de energia passou a ser abastecido pelo gerador elétrico nos horários de ponta (das 18 às 21 horas). Sendo vantajoso tanto para o bom funcionamento do equipamento quanto vantajoso financeiramente, pois nesse horário o preço do KWh sai mais caro que o preço do diesel. Além do gerador elétrico foi também acoplado à máquina um nobreak para garantir um perfeito abastecimento do nível de tensão tanto no horário de ponta, quando o gerador está ligado, quanto nos demais horários. Pois apesar de a energia fornecida pela concessionária estar dentro dos padrões aceitáveis para o perfeito funcionamento da

máquina, não pode ocorrer oscilação de tensão, assim, o nobreak irá controlar melhor a variação na energia consumida, tornando quase nula a oscilação de tensão.

Os operadores da máquina receberam treinamento específico para manusear o equipamento e foram instruídos a realizarem todos os testes de forma adequada, garantindo assim não só uma leitura correta da qualidade de esterilização, mas também prevendo falhas mecânicas. Além do treinamento pessoal realizado, foi criado um manual de operações impresso para que possíveis futuros colaboradores se situem da importância de cada teste no processo de esterilização além de facilitar o diagnóstico de problemas rotineiros de fácil resolução.

Em prol de solucionar a falta de manutenções preventivas, além de ser criado um PCM (quadro 3) para padroniza-las, foi realizado um estudo para calcular os gastos com corretivas durante o último ano de registros, tornando o plano de manutenção não somente viável fisicamente como economicamente.

No quadro 3 observa-se que os testes deverão ser realizados de acordo com a periodicidade informada, certificando que a averiguação seja feita com precisão e comprove a eficiência no processo de esterilização, possibilitando assim, a descoberta de falhas mecânicas. Semanalmente deverá ser realizado a limpeza da câmara interna, para melhor higienização da máquina. No entanto para evitar abortos na máquina e garantir a viabilidade econômica do processo, acordou-se com a empresa responsável que a mesma realizaria mensalmente uma preventiva no valor de R\$ 3.000,00, contendo a calibração dos manômetros, reaperto das conexões elétricas, troca dos filtros, troca das resistências e reinicialização da memória eprom. Custando em torno de R\$ 36.000,00 anuais em manutenções preventivas para o Hospital Evangélico Goiano.

Quadro 3 - PCM

Planejamento e controle de Manutenções	
Período	Tipo de intervenção
Diário	Teste físico
Diário	Teste químico
Diário	Teste Bowie-Dick
Semanal	Teste Biológico
Semanal	Limpeza câmara interna
Mensal	Calibração dos Manômetros
Mensal	Reaperto Conexões Elétricas
Mensal	Troca dos Filtros
Mensal	Troca das resistências
Anual	Reinicialização do Eprom

Fonte: Arquivo Pessoal

Também foram levantados diversos outros dados fundamentais para verificação da viabilidade financeira, como por exemplo, o custo de manutenções corretivas, que foram investigadas em um período de 15 meses como pode ser observado nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Custo de manutenções corretivas em 2017

Mês	Custos
Janeiro	R\$1.523,00
Fevereiro	R\$1.760,00
Março	R\$1.953,00
Total	R\$5.236,00

Fonte: Arquivo pessoal

Tabela 3 – Custos de manutenção corretivas em 2016.

Mês	Custos
Janeiro	R\$0,00
Fevereiro	R\$0,00
Março	R\$7.875,00
Abril	R\$0,00
Maio	R\$11.502,00
Junho	R\$2.550,00
Julho	R\$3.904,00
Agosto	R\$0,00
Setembro	R\$6.486,00
Outubro	R\$2.343,00
Novembro	R\$950,00
Dezembro	R\$730,00
Total	R\$36.340,00

Fonte: Arquivo pessoal.

Seguindo a mesma análise econômica abaixo pode ser observado na tabela 4 que foi levantado o valor do custo de cada aborto gerado, e logo em seguida fazendo a junção dos dados obtidos na tabela 4 e gráfico 1 obteve-se as tabelas 5 e 6 que demonstra os custos de todas as paradas inesperadas em 2017 e 2016 respectivamente.

Tabela 4 - Custos por aborto gerado.

Insumos do processo	Custos
Água	R\$ 5,27
Energia	R\$ 3,16
Mão de obra	R\$ 117,16
Manutenção preventiva	R\$ 7,85
Total	R\$ 133,44

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 5 - Custos totais de abortos em 2017.

Mês	Quantidade de abortos	Custos
Janeiro	54	R\$ 7.205,76
Fevereiro	23	R\$ 3.069,12
Março	21	R\$ 2.802,24
Total	98	R\$ 13.077,12

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 6 - Custos totais de abortos em 2016.

Mês	Quantidade de abortos	Custos
Janeiro	0	R\$ 0,00
Fevereiro	0	R\$ 0,00
Março	4	R\$ 533,76
Abril	6	R\$ 800,64
Maiο	14	R\$ 1.868,16
Junho	26	R\$ 3.469,44
Julho	14	R\$ 1.868,16
Agosto	18	R\$ 2.401,92
Setembro	5	R\$ 667,20
Outubro	7	R\$ 934,08
Novembro	3	R\$ 400,32
Dezembro	22	R\$ 2.935,68
Total	119	R\$ 15.879,36

Fonte: Arquivo pessoal.

Pode-se observar que durante o período analisado encontrado nas tabelas 5 e 6 o Hospital teve um prejuízo em abortos de R\$ 28956,48 e que pelas tabelas 2 e 3 o custo em manutenções inesperadas (corretivas) foi de um total de R\$ 41576,00. Assim o custo de funcionamento do equipamento durante o ano de 2016 e início de 2017 estava girando em torno de aproximadamente R\$ 70000,00, logo com a criação do PCM (sendo seu custo em um período de 15 meses de R\$ 45.000,00) a realização de manutenções preventivas tornará quase nula a ocorrência de corretivas, gerando uma economia exata de R\$ 25532,48 no mesmo período de tempo avaliado. E com isso o processo terá uma eficiência significativa.

5. Conclusão

Com o acompanhamento do funcionamento da máquina, em um determinado espaço de tempo, após realizada todas as alterações, observou-se que as paradas inesperadas foram sanadas e a máquina opera de maneira excepcional, essa melhoria atribui-se ao plano de aperfeiçoamento de operação e manutenção criado, e seguido nesse intervalo.

Em relação aos benefícios econômicos o trabalho conseguiu desempenhar um papel administrativo conseguindo diminuir valores monetários no quesito de manutenção, insumos, bem como, intervenções externas de esterilização por outra empresa.

A qualidade por sua vez, é agora tratada de forma objetiva com todos os testes realizados de forma correta, comprovando a efetividade da máquina em análise, da mesma maneira criando informações físicas que resguardem o hospital de qualquer improbidade por parte do corpo médico ou demais funcionários.

6.Referências Bibliográficas

- [1]TIPPLE, A. F. V.; PIRES, F. V.; GUADAGNIN, S. V. T.; MELO, D. S. M. **O Monitoramento de Processos Físicos de Esterilização em Hospitais do Interior do Estado de Goiás.** Goiânia; Revista da Escola de Enfermagem da USP, v45, n.3, p.751-757, 2009.
- [2] **Infeção Hospitalar mata mais de 100 mil por ano.** Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/politica/sem-controle-eficiente-infecoes-hospitalares-causam-cem-mil-obitos-por-ano-2697060>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- [3]PEZZI, M. C. S.; LEITE, J. L. **Investigação em Central de Material e esterilização utilizando a Teoria Fundamentada em Dados.** Rio de Janeiro; Revista Brasileira de Enfermagem, v.63, p.391-396, 2010.
- [4]ARARUNA, A. B.; POSSO, M. B. S. **Centro de Material de Esterilização: parâmetros espaciais e riscos físicos.** São Paulo; **Revista SOBECC**, v. 19, n. 3, p.140-145, 2014.
- [5]NETO, J. L.; KERN, R.; SANTOS, E. B. **Controle da Esterilização em Autoclave por meio de Métodos Químicos e Biológicos.** Ponta Grossa; UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde, v10, p.43-48, set/dez. 2004.
- [6]NIEHEUS, R. C. **Autoclaves Verticais: uma proposta de sistema para garantia do processo de esterilização.** 2004. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica, UFSC, Florianópolis, 2004.
- [7]LUQUETA, G. R. **Princípio da Esterilização por Calor Úmido – Como Funciona a Autoclave,** Rio de Janeiro, 2008. 5.
- [8]TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Vasos de pressão.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc-livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 1996. 302 p.
- [9]ROLOFF, Tatiana Aparecida. **Efeitos da não aplicação do controle de qualidade da água nas indústrias alimentícias.** Revista de Saúde e Biologia, v.1, n.1, pp.52-57.
- [10]JERICO, M. C.; CASTILHO, V. **Gerenciamento de custos: aplicação do método de custeio baseado em atividades em centro de material esterilizado.** São Paulo; Revista da Escola de Enfermagem da USP, v.44, n.3, p.745-752, 2010.
- [11]ANVISA. **Resolução Da Diretoria Colegiada-RDC15,** 2012.20.
- [12]PAVAN, A, M. **Deteção On-Line de Vazamentos em Vasos de Pressão Utilizando Sistemas Sônicos.** 2005. 112 f. Teste (Doutorado) – Curso de Engenharia Químicas, Unicamp, Campinas-sp, 2005.
- [13]MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR13:** Portaria n.º 594 de 28 de abril de 2014. 22 p.
- [14]UEC. **Tipos de Esterilização.** 1997. Disponível em: <<http://www.hospvirt.org.br/enfermagem/port/tipos.htm>>. Acesso em: 16 de outubro. 2017.

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: UM ESTUDO DE CASO

SILVA, G.M.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. gustavo.ms10@hotmail.com

MORAES, D.M.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. danielmota11@hotmail.com

WOBETO, R.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. ricardo.wobeto@unievangelica.edu.br

RODRIGUES, R. F. N.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. rosenberg.rodrigues@docente.unievangelica.edu.br

DIAS, M.J.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. marcio.dias@unievangelica.edu.br

RESUMO

Após o final da Segunda Guerra Mundial, houve no Japão a necessidade de mudanças nos conceitos produtivos para que o país pudesse se reestabelecer e alavancar a economia. A partir daí, especificamente nas montadoras de veículos Toyota, iniciou-se a busca por métodos e sistemas produtivos que revolucionariam a forma, a quantidade e a qualidade com que se produz, utilizando ferramentas da qualidade para alcance da produção enxuta - Lean Manufacturing. Este trabalho teve como objetivo utilizar as ferramentas do “Lean Manufacturing” a fim de padronizar a montagem do capô em uma montadora de veículos buscando a redução de tempo, eliminação de movimentos excessivos e diminuições de retrabalho. Inicialmente, foi realizado um levantamento sobre a forma em que o trabalho era realizado e constatou-se que a montagem do capô era realizada de forma manual onde se exigia muito esforço físico dos colaboradores gerando desgaste ao decorrer do dia. Após estudos realizados foi implantada a forma de içamento do capô através de ventosas, a fim de facilitar a realização do trabalho. Através da tomada de tempos antes e depois das mudanças foi possível dimensionar a evolução – busca de sistemas de produção mais “enxutos”, e através desses resultados impulsionar a busca da evolução e melhoria contínua nos processos produtivos não somente para a montagem do capô, mas também para demais etapas do processo produtivo da montadora de veículos.

Palavras-chave: Produção enxuta; Lean Manufacturing; Melhoria contínua.

ABSTRACT

After the end of World War II, there was a need in Japan for changes in production concepts so that the country could re-establish itself and leverage the economy. From then on, specifically in the Toyota vehicle assemblers, the search for productive methods and systems began that would revolutionize the form, the quantity and the quality with which it is produced, using tools of quality for reach of lean production - Lean Manufacturing. This work aimed to use the tools of Lean Manufacturing in order to standardize the assembly of the hood in a vehicle assembler seeking the reduction of time, elimination of excessive movements and reductions of rework. Initially, a survey was carried out on the way the work was carried out and it was verified that the hood assembly was performed manually where it was required a lot of physical effort of the employees generating wear and tear during the day. After the studies were carried out the lifting of the hood was implemented through suction cups, in order to facilitate the accomplishment of the work. Through the taking of times before and after the changes it was possible to dimension the evolution - search for "leaner" production systems, and through these results boost the pursuit of evolution and continuous improvement in the production processes not only for the hood assembly but also for other stages of the production process of the vehicle assembler.

Keywords: Lean production; Lean Manufacturing; Continuous improvement.

INTRODUÇÃO

A busca pela estabilidade produtiva trouxe para a indústria automobilística desafios e métodos jamais buscados na antiguidade. O *Lean Manufacturing* é uma ideologia usada pelas indústrias Toyota desde o Pós Segunda Guerra Mundial. Esse sistema de produção tem como objetivo a melhoria de eficiência produtiva combatendo possíveis desperdícios existentes na produção. O tempo, fator crucial para uma boa produtividade, é de grande valia quando se busca uma produção em quantidades elevadas sem perder qualidade de produto. Mas como se conseguir uma produção em tempo favorável mantendo a qualidade, mão de obra e diminuindo desperdícios? As ferramentas da “Manufatura Enxuta” possibilitam apresentar metodologias que possibilitam a alta produtividade com o mínimo de perda de matéria prima. Este trabalho tem como objetivo analisar resultados obtidos com a implantação de ferramentas de otimização de processo na montagem de capô em uma linha de produção automotiva. Com base nos estudos serão analisados fatores da eficiência produtiva como: redução de tempo, melhor condição ergonômica, satisfação dos operadores envolvidos, segurança no ambiente, entre outros.

REFERENCIAL TEÓRICO

Funções e responsabilidades do engenheiro mecânico

Nos tempos passados os diversos tipos de engenharias eram direcionadas a treinar os profissionais para atuar em áreas que exigiam grande conhecimento técnico, tendo como foco as funções onde a sua atuação era mais prática. Porém, com o passar dos anos os grandes empresários e investidores enxergaram nesses profissionais a ferramenta necessária para unir conhecimento com direção, ou seja, uniram o útil ao agradável. Assim os engenheiros que possuem alto conhecimento prático começaram a atuar em cargos de gestão como gerentes e diretores. Para tais conquistas esses profissionais usaram de alguns valores relevantes para que pudessem atuar com sabedoria e sucesso, tais como:

- Implementar e manter processos e recursos: pode-se citar nesse o setor de projetos onde o engenheiro planeja e dirige todos fluxos dos processos por ele implantados e/ou criados visando conseguir uma linha produtiva em um funcionamento pleno e cadenciado[1].
- Mapeamento de custos e receitas: planejar os gastos com produção, fornecimento de matéria prima e com peças de reposição para manutenções rotineira. Esses parâmetros deverão estar sempre numa margem de segurança para imprevistos maiores como, por exemplo, necessidade da troca urgente de uma peça de alto valor e criticidade[2’].
- Gerenciamento de pessoas: este é um dos pontos mais importantes, pois é aqui que a mão de obra é estudada e criteriosamente avaliada para que se tenha alta qualidade com baixo custo. Importante ressaltar que temos dois tipos de mão-de-obra, direta e indireta. A mão-de-obra direta se trata dos próprios operadores, pessoas diretamente ligadas ao processo, sendo geralmente de baixo custo mensal, mas com custos complementares como treinamentos e/ou cursos profissionalizantes. Já a mão-de-obra indireta são as pessoas responsáveis por supervisionar as pessoas da “direta”, avaliando o desempenho e orientando-as para melhorar o processo. Geralmente de custo mais elevado por se tratarem de pessoas que possuem mais formações técnicas e acadêmicas, e sendo assim quanto maior for a experiência de mercado melhor irão dirigir os seus subordinados[1].
- Aprimoramento e otimização de processos: em se tratando de melhorias e redução de custos, impossível não citar as linhas de produção. Todo valor agregado ao produto está diretamente ligado com a quantidade de processos aplicados para se obter o produto acabado, ou seja, para se conseguir menores preços nos produtos é fundamental os estudos voltados ao aprimoramento dos métodos e processos.

É muito clara a visualização das mudanças quando se aplica o “*Just in time*”, ferramenta usada para diminuição de capital empregado e aumento de eficiência produtiva. Também pode-se usar o *Kaisen* como grande aliado para que as melhorias não parem de acontecer[2].

DESPERDÍCIOS NA INDÚSTRIA E SEUS PRINCIPAIS PROBLEMAS NO PROCESSO

Os desperdícios de produção são acontecimentos decorrentes de algum desvio de processo adicionando custos e tempo no processamento do produto onde o cliente não paga a mais pelo ocorrido. Abaixo estão citados alguns deste:

Processamento em demasia

Para que não haja gastos sem necessidade, deve-se produzir somente o necessário nas quantidades corretas. Todo excesso de produção se torna desperdício pois o equipamento, mão de obra, insumos, etc., poderiam ter sido utilizados no processamento de outro produto[3].

Espera

O desperdício de tempo tem a mais fácil percepção pois é notado quando o operador do processo é visto em forma ociosa aguardando a finalização de intervenção de manutenção, falta de peças, *setup* de máquina, entre outros[3].

Excesso de transporte

Acontece quando acontece muitas mudanças no local de armazenamento intermediário ou de montagem das peças que são utilizadas no processo de fabricação de determinado produto. Tais movimentações podem acontecer entre setores ou linhas produtivas[3].

Excesso de movimentação

Este desperdício refere-se aos movimentos que o operador realiza durante a ação de montagem, adicionando tempo no processo de fabricação, por tanto este é um desperdício operacional. Essas perdas podem ser estudadas pelo Engenheiro Industrial com o auxílio de ferramentas do *Just-in-time*[3].

Inspeção e correção

O retrabalho, como o próprio nome já diz, é a intervenção no processo para realizar correções de defeitos no produto em produção. A correção adiciona tempo e custos ao produto. Mesmo que a peça depois de reparada retome o fluxo normal, o *WIP* já foi afetado e pode interferir diretamente nos lucros da empresa[3].

Perdas relacionadas a segurança e a pessoas

O custo indireto com acidente de trabalho pode ser 3 a 10 vezes maiores que seu custo direto. O custo indireto são os que impactam no processo produtivo como exemplo: falta do operador na estação de trabalho não sendo possível atingir os objetivos gerando perda de lucro na indústria. O custo direto é o gasto com atendimento externo como remédios e auxílio enquanto o operador estiver em recuperação. Para que a empresa não seja refém dos acidentes o engenheiro precisa estar capacitado para identificar os riscos na área laboral, como: queda do mesmo nível, corte dos membros, ruído excessivo, prensagem de membros, partículas volantes, dentre outros e ao mesmo tempo aplicar e determinar o uso de equipamentos de uso individual (EPI's) e equipamentos de uso coletivo (EPC's)[7].

Acidente de trabalho é considerado como perda pelo fato do operador que faz o trabalho não poder exercer a função gerando baixa eficiência produtiva, perda em qualidade e adição de capital para reparação rápida do impacto gerado[7].

FERRAMENTAS PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS RELACIONADOS A DESPERDÍCIOS

Para obtenção de resultados o sistema *lean* dispõe de ferramentas básicas. Conforme pesquisa realizada, as principais ferramentas são:

Just in time

O *Just In Time* (JIT) é um sistema de administração que foi criado e desenvolvido pela *Toyota Motor Company* visando implantar a “Produção puxada” nas suas diversas linhas de produção. A produção puxada tem por conceito a lei da oferta e da procura, ou seja, quanto mais o mercado necessita maior será a quantidade produzida. Até então o método de “Produção empurrada” era usado onde se produzia o máximo que conseguisse e literalmente empurrava-se seus produtos no mercado consumidor[4].

Ao utilizar o *JIT*, reduziu-se a quantidade de gastos empregados em diversos setores das indústrias como estoques de matéria prima, intermediários e de produto acabado. A ideia de produzir a quantidade certa no momento certo proporcionou para os gestores a certeza de que tudo que produzisse venderia pois já existia uma estimativa da real necessidade do mercado consumidor sobre determinado produto. É importante entender que o *JIT* tem por objetivo a redução de tempo de produção sem que se perca a qualidade, pois não é compensativo produzir mais com uma qualidade inferior. Nesse caso corre-se o risco de retrabalho, o que não é interessante para o caso estudado.

Kanban

Kanban é um método de gestão que tem como objetivo aplicar as regras e delimitações criadas em um sistema produtivo. Ele visa mapear toda a linha de produção realizando ajustes e correções estudando minuciosamente cada ponto da produção e observando segundo os critérios de avaliação. Também é usado para otimizar processos através de métodos e programas que aplicam as normas criadas para cada setor. Assim cada estágio da produção respeita devidamente seus limites e obrigações, diminuindo os tempos de trabalho, melhorando os rendimentos, qualidade e quantidades produzidas [5].

Em se tratando de fábricas de automóveis essa ferramenta tem uma aplicabilidade muito acertada, pois nesse tipo de indústria cada estação é planejada e precisa ter suas atividades bem definidas e respeitadas de acordo com o que foi designado para que nenhuma estação fique sobrecarregada ou perdendo tempo de trabalho. Para auxiliar na aplicação do *Kanban* é importante seguir alguns passos, como:

- **Visualizar fluxo de trabalho:** A visualização do fluxo tem como objetivo mapear todas as tarefas envolvidas em cada etapa do processo. Existem diversas ferramentas que realizam esta tarefa, porém a mais comum é a *Value Stream Mapping* (VSM) ou mapeamento de cadeia de valor.

“Em sua forma mais simples, um Mapa de Cadeia de Valor é uma visualização dos estágios pelos quais passa o trabalho, desde a matéria prima até o produto final”[5].

Os resultados obtidos podem ser valiosos como identificação de desperdícios, percepção de como um trabalho afeta o outro, e obter maior transparência de informação.

- **Limitar o trabalho em processo:** Esta etapa é onde são impostas as regras e tarefas de cada estação de trabalho. O *Work In Progress* (WIP) ou trabalho em processo é o grande item explorado, pois alterando-se os parâmetros deste consegue-se resultados imediatos.

- **Políticas para garantir a qualidade:** Estabelecer políticas de qualidade tem sido um grande desafio para as grandes linhas produtivas visto que atualmente, a quantidade produzida tem um impacto significativo nos lucros da empresa. A criação de métodos e testes que garantam a qualidade é uma das metas à serem cumpridas, pois há também a necessidade de elaborar um sistema onde o cliente retorne ao vendedor com avaliações referentes ao produto. Só assim tem-se o conhecimento do que é preciso melhorar, concertar ou rever no sistema produtivo. As políticas existem para que os métodos produtivos sejam aplicados de forma que a boa qualidade seja alcançada

pois se o produto final for inferior ao padrão pré-definido tem-se o retrabalho e com isso a perda de todo capital empregado.

● **Medir o fluxo:** Funciona como criar uma unidade de medida para determinada ação, onde surgem comparações e possíveis mudanças para melhorar o *WIP*. Nesta etapa é importante indagar-se “O que medir? E como se posicionar em relação ao que foi mensurado?”; são perguntas pertinentes que auxiliam a elaboração do caminho a ser percorrido. Portanto, ao traçar um trajeto de medição tem-se a possibilidade de colher dados dos trabalhos realizados em cada processo tais como tempo de espera, tempo de trabalho efetivo, logísticas internas e externas, fornecimento de matérias prima, estoques existentes e várias outras variáveis de processo.

Existem alguns pontos que devem ser tratados com mais urgência que outros. A seguir, tem-se algumas dicas para definir as prioridades:

● **Riscos:** Ações que envolvem decisões importantes que podem gerar uma parada de produção ou um grande impacto financeiro.

● **Necessidades básicas:** Exemplo clássico é o fornecimento de matéria-prima. Importante sempre realizar uma verificação quanto aos prazos do fornecedor, despacho do produto e sempre confirmar os prazos definidos pela logística envolvida.

● **Equilíbrio:** O balanceamento de produção é uma variável bastante camuflada, pois apesar de não parecer importante, é de extrema importância. Manter a produção sempre funcionando com um fluxo controlado é uma habilidade sempre muito buscada pelo setor de planejamento fabril. Ou seja, cuidar para que não falte matéria-prima e nem obter quantidades demasiadas de produto final é um trabalho que requer cuidados por toda a linha de produção.

● **Gerenciamento de fluxo:** Coordenar um processo já estabelecido é a fase em que as sugestões anteriormente mencionadas são realmente estudadas e se aprovadas serão aplicadas aos processos. A grande dificuldade está em manter um fluxo contínuo, pois após algum tempo começam a surgir problemas pontuais que não devem ser deixados no esquecimento. Deve-se ter atenção com pequenas causas que podem ocasionar grandes problemas, por exemplo uma constante falta de material em determinada estação gerando um desgaste psicológico e acarretando na desmotivação da equipe. Importante então, após todo o estudo manter o foco em sempre melhorar continuamente observando o fluxo e mapeando onde pode-se aplicar uma ação para que o processo evolua e principalmente não regresse no seu funcionamento[5].

Trabalho padronizado

Trabalho padronizado tem por finalidade criar um passo-a-passo descrevendo uma série de ações que possibilitem a realização de determinado trabalho, independente do turno ou da pessoa direcionada ir a executar. Esses procedimentos permitem que a linha de produção tenha um fluxo constante sem perder a qualidade do produto, mantendo a segurança e a organização na área fabril. Para a criação do book “Trabalho padronizado” é necessário seguir determinados passos básicos: primeiro cria-se um esboço da tarefa executada e então é aplicado a jornada de trabalho afim de corrigir erros, melhorar fluxos, realizar todo mapeamento e melhorias chegando ao ponto de dizer que tudo que está descrito é de fato tudo que será realizado. Após isso é homologada e finalizada a implantação[12]. Os ganhos com a aplicação desta ferramenta são imediatos, tais como:

● **Diminuição do trabalho em processo (WIP):** Com as ações pré-definidas, a redução do tempo de trabalho é significativamente alta;

● **Redução da carga de trabalho:** Ocorre devido a eliminação de movimentos em excesso e a distribuição correta do trabalho;

● **Ganho de produtividade:** Quando se reduz a carga de trabalho aumenta-se a produtividade pois há um balanceamento correto, evitando sobrecargas aos colaboradores;

● **Decréscimo do risco de acidentes:** Com a facilitação dos processos, é reavaliado todos os pontos que oferecem riscos, estes são devidamente tratados e cuidados para que não venha ocorrer possíveis incidentes[1].

Value stream mapping purpose (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta fundamental para alcançar resultados de otimização e balanceamento de processos. É uma representação visual feita através de esquemas que mostram o fluxo de valor na qual o produto está inserido desde o momento de entrada ainda como matéria prima até a saída do produto final. Pode ser utilizado também para fazer esquema de setor específico, comparando e analisando as mudanças.

O VSM é considerado uma ferramenta que auxilia na identificação de desperdícios, linguagem clara do processo que facilita o entendimento do processo, maior propriedade para realizar tomada de decisões, fácil visualização do processo para novos colaboradores no ambiente, entre outros. Porém esta ferramenta ainda se concentra em problemas superficiais e não permite enxergar profundamente[7].

É seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formula-se um conjunto de questões-chave e desenha-se um mapa do estado futuro de como o processo deveria fluir. Fazer isso repetidas vezes é o caminho mais simples para que se possa enxergar o valor e especialmente, as fontes do desperdício[7].

A ferramenta não tem finalidade de ser método ou de ser melhoria no processo, a ideia principal é ser usado para assegurar que as melhorias já aplicadas não sejam esquecidas ou deixem de ser usadas. O método correto de se fazer a visualização de esquema é sempre analisar o fluxo de trás para frente. Assim, facilita-se o entendimento e eliminam-se interferências pessoais. O VSM pode ser usado com auxílio de algumas ferramentas. Um exemplo simples e muito funcional o software MS VISIO[®], ferramenta da Microsoft[®] que disponibiliza conteúdo para auxiliar o gestor de área criando organogramas, fluxogramas, mapas de processo, entre outros.

Sistema de gestão integrada para saúde ocupacional e segurança do trabalho

A busca pela estabilidade do processo produtivo também consiste em ter funcionários com bom estado de saúde física para realização do trabalho. A melhoria de segurança no ambiente de trabalho contribui com o aumento da produtividade pois reduz as interrupções no decorrer da produção e diminui custos com acidentes, com ou sem afastamento[8].

Para criação e manutenção do trabalho seguro é necessário ter bom planejamento e a colaboração mútua entre empregador e empregado. É importante que o colaborador seja ouvido pois conhecem o ambiente e podem sugerir ideias de baixo custo de implementação e, muitas das vezes, mais eficazes[8].

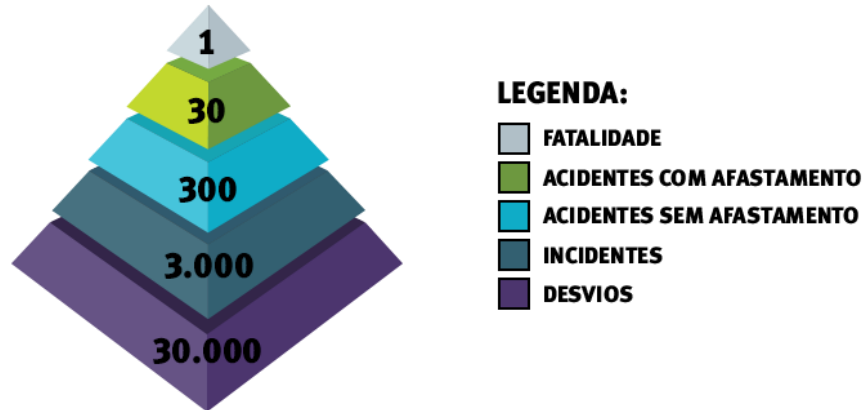
Oportunidades de melhoria em segurança podem ser identificadas pelos profissionais de segurança e também pelas pessoas que estão envolvidas no ambiente. Uma prática simples e que elimina riscos é o exercício dos 5S. Basicamente com a organização do ambiente pode-se eliminar riscos de interferência entre homem e máquina.

Um grande desafio para os gestores é também zelar pela segurança de todo o ambiente de trabalho. Algumas ferramentas podem auxiliar, tais como: mapas de risco, rotas de segurança, caminhadas de sustentabilidade, análises de risco de incidentes e acidentes, etc.

Para entender as causas dos acidentes e os custos que são gerados, realizou-se estudos e concluiu-se que 98% dos acidentes poderiam ser previstos através de comportamento inseguro ou condição insegura, já os outros 2% são imprevisíveis, causas inesperadas. Este estudo mostra que a maioria dos acidentes acontece por falha humana. Na indústria, em determinados locais, os funcionários estão mais expostos a riscos devido a presença de máquinas que tenham eixo rotativo, manipuladores pneumáticos ou hidráulicos, etc., porém, os riscos podem ser controlados[9].

A maioria dos acidentes de falha humana acontecem devido à falta de atenção, por costume com o ambiente de trabalho, falha ao pensar que os riscos são normais ou seja, excesso de confiança.

Figura 01: Pirâmide de Heinrich e Bird.



Fonte: Disponível em [10].

A pirâmide mostrada na figura 01, apresenta estatisticamente números de incidentes (fatalidade, acidentes com e sem afastamentos) possíveis de acordo com o número de desvios detectados. Os dados descritos mostram que, a cada 30000 desvios de processo, 3000 deles podem causar incidentes. Sendo que 300 ocorrências são acidentes sem afastamento, 30 com afastamento e 1 fatalidade.

É importante que os funcionários do setor produtivo tenham conhecimento da pirâmide de desvios, de forma orientativa a ter ciência do meio que estão inseridos e os riscos de acidentes existentes no setor[9]. Diálogos diários de segurança são eficazes para a prevenção de acidentes, pois servem como avisos e recomendações que fazem com que os funcionários não deixem as regras cair no esquecimento. Esta ferramenta também proporciona o diálogo com a equipe gerida, deixando-a à vontade para propor sugestões de melhoria em segurança.

Importância dos equipamentos pneumáticos na indústria automotiva

Há vários anos é cogitado a mudança na pressão e no volume do ar atmosférico. Com o passar do tempo veio o aperfeiçoamento e a conquista da compressão do ar, seja ela por ela com pressões negativa (Vácuo) ou positiva (Compressão). Os avanços tecnológicos identificaram rapidamente, na produção de ar comprimido, uma fonte de energia renovável e limpa. Com isso obteve uma rápida aceitação nas diversas áreas da sociedade. Após sua rápida inserção no mercado, as indústrias viram na tecnologia pneumática um baixo custo para investimento e com retorno imediato. A rapidez com que os movimentos são conseguidos extinguiu alcançou recorde de tempo em operações que, anteriormente, eram demoradas e repetitivas[14].

Anteriormente, na montagem de capô, todo o manuseio do capô era feito manualmente. Porém, com o passar do tempo viu-se a oportunidade da implantação do processo chamado de “Içamento” onde a peça é manipulada através de ventosas que geram uma pressão negativa com o auxílio de válvula de vácuo. A peça então é movimentada seu estoque intermediário até o veículo que está na linha produtiva. Este processo é realizado por meio de grandes ventosas que, em contato com a superfície da peça, fazem sucção e conseguem prender o capô permitindo que os operadores o mova até o local desejado. As ventosas são possíveis graças ao processo de vácuo que é conseguido apenas em equipamentos pneumáticos. Essa nova tecnologia trouxe agilidade e maior conforto ao operador, impactando diretamente no rendimento da montagem e consequentemente acelerando a produção dos veículos.

Takt time

O *Takt time* é de forma matemática a razão do tempo disponível para a produção pelo volume de produção exigido resultando no ritmo necessário do processo para atender a demanda do mercado. A interação dos setores

da indústria é fundamental, mas para o *Takt time* essa interação dos setores produtivos com o setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP) se torna ainda mais importante[11].

O PCP deve ter conhecimento dos tempos padrões de cada área para não sobrecarregar o processo. O tempo padrão determina o tempo de conclusão de um produto no processo. Com o *Takt time* é possível ter uma projeção do número de produtos que podem ser fabricados no decorrer de determinado tempo disponível.

Devem ser levados em consideração as condições reais para definir o tempo definido para a produção. Esse tempo pode ser alterado de acordo com as paradas programadas para certas ações como: intervenções de manutenção preventiva, tempo de descanso de operador, troca de turno, investimento com treinamento da operação, etc., descrita em forma de equação na eq. 01:

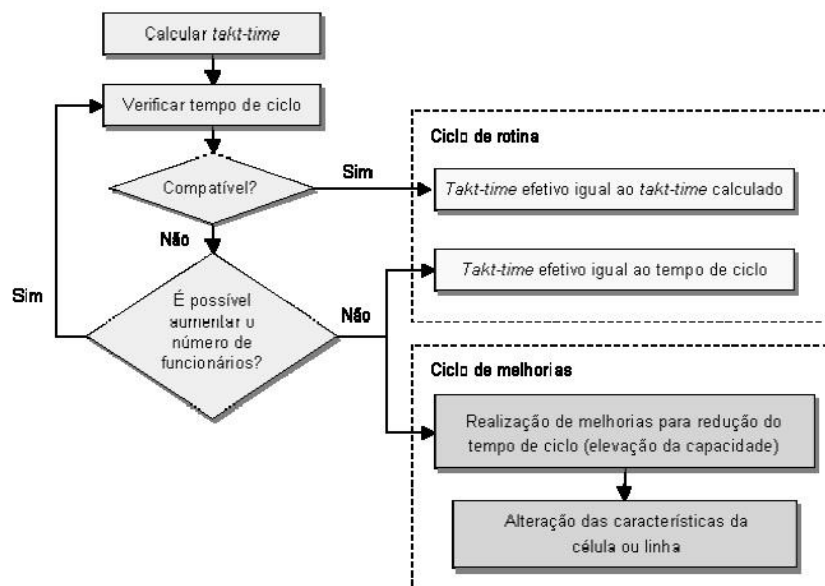
$$\text{Tempo disponível para produção} = \text{Período de trabalho} - \text{Paradas programadas} \quad \text{eq. 01}$$

Fazendo um paralelo, é como se uma linha de produção automotiva tivesse o tempo disponível de 500 minutos e conforme a demanda do mercado, a cada 5 minutos um carro é entregue ao cliente. Do mesmo jeito, a linha de produção automotiva deve, a cada 5 minutos, liberar um carro para o mercado[11]. Para definir o *Takt-time* pode-se utilizar a eq. 02:

$$\text{TAKT TIME} = \frac{\text{Tempo de Produção Disponível}}{\text{Demanda do Cliente}} \quad \text{eq. 02}$$

Quando o número de *Takt time* é alterado para maior ou menor valor, o tempo de ciclo também deve ser revisado. Podemos observar na figura 02 que quando a empresa impõe o ritmo mais acelerado é fato que o valor de *Takt time* é diminuído. Porém, este é um acontecimento importante porque obriga a empresa a estudar quais os pontos que limitam a sua capacidade de produção e induz a engenharia industrial, que é conhecida como grupo *Kaizen*, trabalhar os gargalos de produção e inserir melhorias processo.

Figura 02: Fluxo de *Takt time*.



Fonte: Disponível em [10].

Tomada de tempo e cronoanálise

A ferramenta de tomada de tempo tem como objetivo realizar a medição do tempo gasto em uma operação produtiva com operadores devidamente treinados e capacitados trabalhando em ritmo normal não se expondo a riscos de segurança e riscos ergonômicos[12].

Para colocar em prática a tomada de tempo é necessário o cronometro e um profissional habilitado, que é o engenheiro industrial. No processo de medição é interessante decompor ao máximo as operações, pois quanto mais dividido maior é a facilidade para identificar oportunidades de melhoria[2].

O engenheiro precisa estar atento e ter percepção ativa para identificar as interferências diretas e indiretas no momento da tomada de tempo. Como interferência direta, pode ser citado como exemplo o superior imediato do operador estando próximo, e como indireta uma máquina que não está com máxima capacidade produtiva. Para que haja melhor certeza é realizada mais medições de acordo com a criticidade da operação. A cronoanálise é uma ferramenta de auxílio ao gestor de área que estuda a variação de tempo gasto para a execução de atividades no meio produtivo. Posterior a tomada de tempo, a cronoanálise estuda e faz análise do tempo padrão de cada estação e aplica as alterações necessárias no processo para garantir o balanceamento de linha e atender as necessidades da empresa.

A cronoanálise é uma ferramenta utilizada para avaliação e o registro dos tempos gastos na área de produção da empresa, que visa identificar uma sequência lógica do fluxo operacional mais apropriado e eficiente ao trabalho. Com este instrumento também é possível verificar a existência de gargalos na produção[13].

A análise de tempos identifica os problemas de processo como: Os excessos de produção e os gargalos onde podem acontecer a falta de produto para o processo posterior possibilitando ao gestor de área obter maior sucesso no crescimento profissional e, simultaneamente, o desenvolvimento da empresa.

Tempo de ciclo

O tempo de ciclo é o tempo definido pelo processo quando há repetição de uma ação caracterizando o início e o fim do ciclo. Este tempo é definido em função de dois elementos:

- i: Tempo unitário de processamento em cada máquina (Tempo Padrão).
- ii: Número de mão de obra na linha de produção.

Para facilitar o entendimento, o tempo inicial de uma peça e o início de uma segunda peça do mesmo modelo é chamado de tempo de ciclo.

O tempo de ciclo é definido conforme as condições existentes no ambiente como: máquinas mais rápidas, transportadores de peças, manipuladores e linha com esteira automatizada. Para diminuir o tempo de ciclo, deve-se analisar essas condições nas quais são gerados os gargalos de produção e fazer as intervenções necessárias como mudança de *layout* de linha, rodízios operacionais, contratação de novos funcionários em momentos de pico de produção e etc.[12]. Como se sabe o tempo de ciclo não é imutável, porém precisa ser alterado com cautela para não ter ações precipitadas e ineficazes. A contratação de novos funcionários pode ser no momento a melhor alternativa quando há a necessidade de ganhar tempo. Mas é preferível investir em maquinários que auxiliam os funcionários e resultam em menor tempo de ciclo e suas variações[12]. O tempo de ciclo é o fator que determina as condições de velocidade mínima e máxima de uma linha produtiva, sendo assim restringe diretamente o número de saída do produto para as mãos do consumidor final. Portanto o tempo de ciclo faz parte da análise no momento de tomada de decisões e definição do valor de *Takt time*[13].

METODOLOGIA

ESTUDO DE CASO

Para realização deste estudo de caso aplicou-se ferramentas do “*lean manufacturing*” em uma indústria de fabricação de veículos automotivos leves. Especificamente foi realizado no setor de montagem de peças móveis com foco na identificação de oportunidades de melhorias na estação de montagem de capôs. Para atender à solicitação do cliente, a indústria automotiva precisa se reinventar e inovar os conceitos produtivos para readequar rapidamente seu potencial produtivo. O fluxo de trabalho neste ambiente tem sentido linear e já é padronizado atendendo as normas necessárias, com a necessidade de duas mão-de-obra para execução da atividade. Inicialmente realizou-se análise do ambiente com intuito de encontrar condições inseguras e atos inseguros que, de alguma maneira, impactassem negativamente ou positivamente em relação ao tempo de ciclo, podendo deixar o processo mais rápido ou mais lento. Foram identificados os seguintes riscos: risco de esmagamento dos membros, risco de corte e risco de lesões por esforço repetitivo (LER). Para estes riscos foram identificadas como contramedidas a utilização correta dos equipamentos de proteção individual (EPI) e realização de rodízio operacional com fluxo semanal evitando a presença de LER nos funcionários.

Após análise de ambiente concluída, fez-se a tomada de dez medições de ciclo e concomitantemente fez-se anotação na folha de estudo de tempos e movimentos de todas as tarefas executadas pelos operadores da estação. No estudo de caso foram utilizadas as ferramentas: Cronoanálise; *Takt Time*; Tempo padrão e Trabalho padronizado.

Com as tarefas já identificadas foram realizadas as tomadas de tempo de cada tarefa com auxílio de cronometro digital e anotados na folha de estudo de tempos e movimentos. Para definição do tempo padrão que está descrito em forma de equação na eq. 03, foi adotado o seguinte método:

$$\text{Tempo médio} = \frac{\sum \text{Tempos cronometrados}}{\text{Número de medições válidas}} \quad \text{eq. 03}$$

Foi necessário calcular o tempo médio de operação para que o resultado do tempo padrão não fosse tendencioso ou se obtivesse resultado que não seria alcançado na prática da atividade. Analisou-se também a espera inerente, podendo ser ocasionada pela não conformidade da realização das tarefas por parte dos operadores na linha de montagem. Esse problema acontece quando há algum erro de montagem, problemas de manutenção, problemas de qualidade na peça entre outros. Através desse ponto em específico analisou-se o tempo de trabalho real, sendo medido somente o tempo que os operadores estavam em atividade. Com isso foi possível identificar e mostrar para os gestores da linha que existem oportunidades de melhoria e a importância desse fator ser levado em consideração no momento de adicionar ou retirar alguma tarefa.

Depois de obtido o tempo padrão desta atividade fez-se cálculos de produção máxima (*GROSS*) e de produção mínima aceitável (*NET*). Para obter esses resultados teve-se que adotar faixas de percentuais obtidos das metas de qualidade, manutenção e absenteísmo, sendo eles faixas percentuais dos fatores aceitáveis pela maioria das empresas:

- 2% de falha de maquinário.
- 2% de problemas relacionados a qualidade.
- 4% de absenteísmo.

Para cálculo de volume *NET* foi feita a divisão entre o tempo real disponível para produção já descontados os intervalos de almoço e janta, pelo tempo padrão da operação, e assim subtraídos a somatória das faixas percentuais dos fatores aceitáveis, descrita em forma de equação na eq. 04:

$$\text{Volume NET} = \frac{\text{Tempo real disponível para produção}}{\text{Tempo padrão}} - 8\% \quad \text{eq. 04}$$

Caso o valor seja decimal, por orientação do profissional habilitado da área, deve-se fazer o arredondamento para menor valor em qualquer ocasião. Esse fator precisa ser confiável o máximo possível para não haver problemas no momento de aplicação das ferramentas no processo.

Para cálculo de volume *GROSS* é feito a divisão entre o tempo real disponível para produção já descontados os intervalos de almoço e janta, pelo tempo padrão da operação, descrito em forma de equação na eq. 05:

$$\text{Volume } GROSS = \frac{\text{Tempo real disponível para produção}}{\text{Tempo padrão}} \quad \text{eq. 05}$$

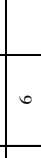
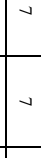
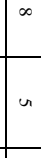


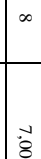



Este cálculo segue o mesmo conceito do arredondamento para menor valor citado acima e só será alcançado se não houver objeções como: paradas de maquinários, problemas de qualidade e problemas com alto número de faltas de mão de obra na linha de produção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 03 está representado as tomadas de tempos para a atividade de montagem de capô em um determinado veículo sendo que dentro desta atividade foram verificados a presença de diversas tarefas. As tarefas variam de acordo com as prioridades sendo basicamente: montagem, inspeção e correção e liberação de carroceria. Estas tarefas são realizadas por colaboradores responsáveis pela estação. A coleta dos dados foi realizada com o auxílio das ferramentas de tomada de tempo e cronoanálise durante o acompanhamento de 10 ciclos. No total foram verificados a presença de 14 tarefas diferentes dentro da atividade de montagem de capô totalizando 140 medições e em cada tarefa pôde ser visto as variações de tempo conforme variavam-se os ciclos.

Ainda pode-se notar que as tarefas foram desmembradas o máximo possível. Isto facilita o melhor entendimento do processo produtivo e melhora a visualização de tarefas que são gargalos de produção. As discussões dos resultados obtidos foram feitas somente com base nas tarefas onde os resultados apresentaram desvios maiores, ou seja, pelo gráfico de tendências visto na figura 3, alguns picos que demonstram aumento de tempo. Esta maior variação de resultados faz com que o processo seja tendencioso ao fracasso dos objetivos diários. Tais problemas podem ser tratados e minimizados através de ferramentas que serão citadas abaixo da figura 3.

Figura 03: Formulário de estudo de tempos e movimentos.

ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS													
LINHA: Montagem de peças móveis ATIVIDADE: Montagem de capôs QTD DE PESSOAS ENVOLVIDAS NA OPERAÇÃO: 2													
TAREFA	CICLOS (s)										TEMPO MÉDIO DE TAREFA	TENDÊNCIA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Fracionamento de estêio de montagem de capô	9	7	7	8	5	6	7	8	8	7,00		
2	Montagem de <i>poka yoke</i> para fixação do capô	12	12	9	10	11	15	13	12	10	11,40		
3	Íçamento de capô com uso de manipulador pneumático	30	15	10	9	7	13	10	11	15	13,00		
4	Conferência de avarias (amassados, dentes, entre outros) no capô	19	21	30	8	17	12	12	14	12	16,00		
5	Troca do capô caso esteja avariado	0	22	18	0	0	0	0	0	0	4,00		
6	Manipular o capô a carroceria	8	8	12	11	8	8	8	9	10	9,10		
7	Parafusamento do capô na carroceria	50	39	82	57	34	38	42	42	51	47,40		
8	Retirar gabarito de montagem do capô	11	11	12	15	16	11	6	11	9	11,70		
9	Inspeção de torque dos parafusos e GAP & FLUSH	30	30	26	36	40	32	30	34	35	33,40		
10	Ajuste de GAP & FLUSH, caso haja necessidade	35	52	22	14	34	20	79	35	21	33,70		
11	Reinspeção de GAP & FLUSH pós ajuste	20	13	14	13	12	25	20	18	24	18,70		
12	Novo ajuste de GAP & FLUSH, caso haja necessidade e reinspeção	0	0	0	0	0	15	0	0	19	3,40		
13	Retirar estêio de montagem do capô	7	6	7	9	8	4	7	5	8	6,70		
14	Adicionar estêio padrão	9	7	7	8	8	9	9	7	6	7,80		
TEMPO TOTAL DE CICLO:		240	243	256	198	200	211	208	243	206	228		
TEMPO MÉDIO DA OPERAÇÃO:		223											
VOLUME GROSS:		128											
VOLUME NET:		118											
REGISTRO DE TEMPO		INÍCIO: 07h am		TERMINO: 08h am		UPD		UPH		PRODUÇÃO TOTAL		OBS: UPD = Unidades por turno - 8h/dia UPH = Unidades por hora	

Fonte: Acervo dos autores

DISCUSSÃO DAS TAREFAS

TAREFA 3 – CICLOS 1 E 2

Descrição da atividade

Nesta atividade foi visto picos de aumento do tempo. Tal acontecimento se deu a uma não conformidade na parte mecânica do equipamento que realiza o içamento do capô. A pressão do ar estava abaixo do requerido pelos fabricantes não gerando o vácuo suficiente para que as ventosas fizessem a fixação correta na peça.

Possíveis causas

- Não abertura completa da válvula de ar pós realização de manutenção preventiva;
- Falha operacional;
- Falta de inspeção pós realização de manutenção preventiva, e
- Desligamento voluntário por parte dos operadores da estação.

Ação de contenção

Foi acionada a equipe de manutenção mecânica para identificação e correção do problema, onde os mesmos aumentaram a pressão do ar que estava inferior ao solicitado pelos fabricantes do equipamento.

Ação definitiva

Foi sugerido a equipe de Engenharia a utilização da ferramenta: Trabalho padronizado que tem como objetivo a criação de padrão de trabalho que regulamenta o valor mínimo e máximo de pressão do ar, conforme a demanda do recurso pneumático. Com a criação do padrão, terá a assertividade de que mesmo que o equipamento sofra alguma intervenção corretiva ou preventiva o mesmo será ajustado conforme as orientações descritas no padrão de trabalho.

Com o auxílio da ferramenta *Just in time*, foi sugerido a criação de uma rota de inspeção diária para verificação da pressão dos manômetros, criando assim um fluxo para melhor controle do processo e a diminuição de possibilidade de erros.

Com a aplicação das ferramentas sugeridas também haverá a diminuição do risco de acidentes na estação, pois com o maior controle da pressão do ar será menos provável o risco de queda da peça já içada.

TAREFA 4 – CICLOS 2 E 3

Descrição da atividade

Foi visto que na tarefa 4 nos ciclos 2 e 3 ficaram com valores acima da média devido a avarias encontradas nas peças no momento de retirada das mesmas nas caixas. Essas avarias são:

- Amassados;
- Rachaduras;
- Riscos;

Possíveis causas

Foi visto na análise que este problema pode mais de uma possível causa. Sendo elas:

- Má conformação da peça, no momento da estampagem;
- Excesso de transporte;
- Mal armazenamento das caixas de peças, e
- Mal conservação deixando-as em locais impróprios.

Ação de contenção

Foi acionado o superior imediato que coordena a atividade, para que o mesmo tivesse ciência do problema encontrado e o registrasse. Posteriormente foi realizado a substituição da peça por uma com melhor qualidade.

Ação definitiva

No processo de logística, há ainda a deficiência com relação ao cuidado e armazenagem das peças, então foi sugerido a separação da peça com avaria para estudo e análise dos tipos das avarias e fazer o rastreamento com o auxílio da ferramenta *Kanban* de forma identificar o histórico de armazenagem das peças. Sendo possível obter informações de qual local as peças foram armazenadas, recebidas e despachadas.

Foi sugerido a diminuição do tempo de espera para somente a quantidade necessária no estoque implantando a ferramenta *Kanban* juntamente com o *FIFO (First in First out)*, garantindo que as peças sigam o fluxo do processo na qual a primeira peça produzida é a primeira peça que sai para futura utilização.

Foi sugerido a aplicação da ferramenta *Takt-Time* para relacionar a quantidade que o cliente demanda para o mercado e a real situação de estoque parado. A implantação dessas ferramentas elimina o estoque parado, excesso de transporte, entre outros.

TAREFA 5 – CICLOS 2 E 3

Descrição da atividade

Na tarefa 5 os resultados do ciclo 2 e 3, apresentou números maiores devido a necessidade de troca da peça. Esta tarefa é pontual e está diretamente ligada com a tarefa 4. Colocando em prática as ações definitivas dos problemas da tarefa 4, esta tarefa deixará de acontecer.

Esta atividade é uma correção, é como se fosse feito a atividade por duas vezes, desperdiçando tempo e agregando custos ao processo produtivo.

TAREFA 7 – CICLO 3

Descrição da atividade

Foi visto na tarefa 7 no ciclo 3, o tempo de processo com aumento significativo e que impacta negativamente no número de carrocerias produzidas no final de um turno de produção. O problema que gerou esse aumento do tempo de execução da tarefa foi a danificação da rosca de fixação que tem como função, prender o capô a carroceria.

Possíveis causas

A perda da rosca da base foi ocasionada pelo mal posicionamento do parafuso e o operador então realizou o aperto do parafuso com o mesmo fora de foco. Isso pode acontecer quando:

- O operador não posiciona o parafuso corretamente;
- O operador decide adiantar o seu processo, aumentando a velocidade do seu trabalho, e
- Falta de padrão de trabalho na estação da atividade, para orientar quanto a maneira correta de realização das tarefas.

Ação de contenção

Foi feito a correção do problema com auxílio de ferramenta “macho M8”, que tem como função refazer os fios de rosca dando então novamente a condição de parafusamento.

Ação definitiva

Foi sugerido a implantação da ferramenta de padronização do trabalho visando a criação de padrão de trabalho, determinando a forma correta de parafusamento do capô e o torque necessário assim como manda a engenharia do veículo. Também foi sugerido análise de espaço através da ferramenta VSM para que fosse determinado melhor lugar para que os operadores pudessem realizar a atividade, de forma, ser possível concluir a atividade dentro do tempo padrão e o espaço necessário.

TAREFA 10 – CICLOS 2 E 8

Descrição da atividade

Foi visto que após a inspeção de *Gap & Flush* do capô que é a medição dos espaços entre as peças e o nivelamento das mesmas, na tarefa 10 nos ciclos 2 e 8 teve-se a necessidade de realização de um novo ajuste. Na inspeção foi visto que as medidas não estavam dentro dos limites de tolerância que é determinado pela engenharia do veículo.

Foi visto que esta atividade é a mais irregular de acordo com os resultados obtidos, ou seja, picos no gráfico de análise de tendências.

Possíveis causas

Este problema pode acontecer devido mais de uma possível causa, sendo elas:

- Montagem incorreta, quando os operadores fazem mau uso das ferramentas de montagem;
- Mau uso do gabarito de montagem, gabarito este que serve para guiar a peça posicionando-a no local correto;
- Devido a inspeção ser realizada entre o capô e o para-lamas, também há a possibilidade de o para-lamas ter sido montado fora do especificado, e
- Possível problema de geometria na peça.

Ação de contenção

Foi feito o desaperto dos parafusos de fixação de capô e para-lamas para realização de ajuste, fazendo uma recolocação das peças. Obteve-se então os espaçamentos entre as duas peças dentro do especificado.

Ação definitiva

Foi sugerido a padronização da montagem e inspeção de capô. Padronizando a utilização das ferramentas de trabalho necessárias para a realização da atividade como: gabaritos de montagem, sequência de montagem, pontos de verificação e inspeção, etc., e posteriormente disponibilizar o padrão de trabalho na estação de trabalho do operador que realiza esta atividade.

No processo de montagem do para-lamas também não havia padrão de trabalho e gabarito de auxílio a montagem, com isso também foi sugerido a criação de trabalho e a confecção de um gabarito de montagem.

Foi sugerido a criação de um *Poka – Yoke*, para a montagem de para-lamas. O *Poka-Yoke* tem a função de eliminar a dúvida e um possível erro de montagem que não é possível enxergar a olho nu. O *Poka-Yoke* aproxima o resultado do trabalho para mais uniformidade possível, mesmo sabendo que em qualquer processo não há produtos idênticos.

Foi sugerido uma nova análise da tarefa com olhar crítico na segurança dos envolvidos na atividade, principalmente nesta tarefa que tem o tempo maior. Isso por que todo o processo que sai do que já estava planejado, induz ao acontecimento de incidentes ou acidentes de trabalho.

CONCLUSÃO

O objetivo principal deste artigo foi realizar uma breve revisão de algumas das metodologias do “*lean manufacturing*”, analisando as oportunidades de melhoria no processo de montagem de capôs e sugerindo-as ao processo. O sistema *lean* proporciona as empresas a oportunidade de recomeço quanto ao seu processo atual, aumentando sua produtividade, melhorando a qualidade dos produtos, melhorando a qualidade de trabalho para o funcionário, entre outros. Existem mais ferramentas que podem ser utilizadas quando o assunto é a melhoria contínua, cada uma com suas particularidades e contribuições. Todo o processo de implementação das ferramentas deve ser antes planejado e realizado uma análise de interferências e falhas, isso para que não haja falhas no processo.

Para que as ferramentas deem resultado também é necessário a interação de equipes com pessoas motivadas, garantindo assim a sinergia das áreas e buscando o alcance dos objetivos em conjunto. Pós implantação é necessário fazer a manutenção dos aprendizados rotineiramente, isso para que não se perca os resultados que foram conseguidos e faça valer a pena o tempo e custo gasto para a implementação das ferramentas. O conjunto da utilização das ferramentas do sistema “*lean manufacturing*” garante diminuição de custos agregados, tempo de processamentos dos produtos, diminui o intervalo de tempo de produto ao cliente e o principal a satisfação do cliente com produtos de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]GLÓRIA, T. G.". **APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA EM UMA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO VEICULAR PARA A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E A OBTENÇÃO DE UMA MAIOR PRODUTIVIDADE NOS PROCESSOS DE MONTAGEM DE LANTERNAS AUTOMOTIVAS.** 2012. 70f. Monografia (Pós-graduação) – Curso de pós-graduação em Engenharia Automotiva, CEUN-IMT, São Caetano do Sul, 2012.
- [2]JUNIOR, E. L. C. **GESTÃO EM PROCESSOS PRODUTIVOS.** Curitiba – PR. IBPEX. 2008. 156p.
- [3]REZENDE, D. M. et al. **LEAN MANUFACTURING: REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E A PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO.** 2013. 13 f. "... – Curso de Engenharia de Produção Automotiva, FER, Rio de Janeiro. 2013.
- [4]SOUZA, W, et al. **JUST IN TIME A APLICAÇÃO DE SEU CONCEITO, CARACTERÍSTICAS E OBJETIVO EM UM ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS.** 2012. 14 f. Anhanguera Educacional Ltda - SP. 2014
- [5]BOEG, J. **KANBAN EM 10 PASSOS.** 2012. Traduzido por INFOQ. 2012. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33217671/InfoQBrasil-Kanban10Passos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1492471605&Signature=XlwWbCilw1RIJzxWZ6PII7kCP30%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInfo_QBrasil-Kanban10Passos.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2017.
- [6]KISHIDA, M. et al. **BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO NA THYSSENKRUPP.** 2006. Implementação na fabricação de virabrequim em thyssenkrupp. 9f. Campo Limpo – SP.
- [7]RIANI, A. M. **O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON.** Juiz de Fora – MG, 2006. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso – UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora), 2006.
- [8]QUELHAS, O. L. G; LIMA, G.B.A. **SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL: FATOR CRÍTICO DE SUCESSO A IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NAS ORGANIZAÇÕES BRASILEIRAS.** Rio de Janeiro – RJ. UFRJ. 2006. 34p.
- [9]BENTO, A. R. et al. **IMPLANTAÇÃO DA PIRÂMIDE DE HEINRICH NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM UMA INDUSTRIA AUTOMOTIVA.** In: 69º Congresso anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET – ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA METALÚRGICA DE MATERIAIS E DE MINAS, 21 A 25 DE JULHO DE 2014, SÃO PAULO – SP. Curitiba – PR. 2014. 12p.
- [10]**A EVOLUÇÃO DA PIRÂMIDE DE DESVIOS.** Disponível em: <<http://falandodeprotecao.com.br/piramide-de-desvios/>> Acesso em: 16 de maio de 2017.
- [11]ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., José Antônio Valle. **TAKT-TIME: CONCEITOS E CONTEXTUALIZAÇÃO DENTRO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.** Gest. Prod., São Carlos, v. 8, n. 1, p. 1-18, Apr. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2001000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 24 de abril de 2017.
- [12]SEYBOTH, J. A. K. et al. **APLICAÇÃO DA CRONOANÁLISE PARA A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÃES FRANCESES EM UMA PANIFICADORA DE PEQUENO PORTE.** In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Ponta Grossa – PR, 2015. 10p.
- [13]ROCHA, J. A. V. NAVARRO, A. **A IMPORTÂNCIA DA CAPACIDADE PRODUTIVA E CRONOANÁLISE PARA EMPRESAS DO POLO MOVELEIRO DE UBÁ.** In: IX SAEPRO - SIMPÓSIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Viçosa - MG, 2014. 8p.
- [14]FIALHO, A. B. **AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA – PROJETOS, DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CIRCUITOS.** São Paulo – SP. 2003. 328p.

ANÁLISE DAS JUNTAS DE ELEMENTOS SOLDADOS REALIZADOS COM ELETRODOS REVESTIDOS E6013 DE DIFERENTES MARCAS

SILVA, C.D.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. cleidimarcpsc@gmail.com

COSTA, E.B.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. Eder@gmail.com

SILVA, W.C.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. wallysson.costa@hotmail.com

PINTO, N.B. R.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. ney@braga.eng.br

SILVA, W.P.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. wilpasil@bol.com.br

COSTA, J. M. A.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. jorge.costa@docente.unievangelica.edu.br

Resumo

Este trabalho teve como principal objetivo a comparação entre soldas realizadas com eletrodos revestidos E6013 de duas marcas diferentes. Para critério de comparação os corpos de prova feitos com aço ASTM 1020 foram confeccionados de acordo com as normas técnicas da ABNT que utiliza a NBR 6152 para definir as formas e dimensões dos corpos de prova. Após sua confecção os corpos de prova foram soldados e posteriormente submetidos ao ensaio de tração. Com os dados obtidos através do equipamento utilizado para realizar o ensaio de tração, calculou-se o desvio padrão dos limites de resistência de cada junta soldada. Observando os resultados obtidos após os cálculos constatou-se que a solda realizada com o eletrodo revestido de marca "A" obteve melhores resultados em relação ao de marca "B".

Palavras-Chave: Eletrodo revestido, Ensaio, Soldagem

Abstract

This work had as main objective the comparison between welds made with coated electrodes E6013 of two different brands. For the comparison criterion, the specimens made with ASTM 1020 steel were made according to the technical standards of the ABNT that uses the NBR6152 to define the shapes and dimensions of the specimens. After their preparation, the specimens were welded and subsequently subjected to the tensile test. With the data obtained through the equipment used to perform the tensile test, the coated the weld efficiency, and the standard deviation of the resistance limits of each weld joint were calculated. Observing the results obtained after the calculations, it was verified that the welding performed with the "A" brand-coated electrode obtained better results than the "B" brand.

1. Introdução

Na grande maioria dos projetos de fabricação mecânica, o processo de união das peças metálicas se dá por meio da soldagem. O processo de soldagem *Shielded Metal Arc Welding* – (SMAW), em português Eletrodo Revestido, é comumente o meio mais utilizado dentre os vários processos de soldagem, pois este tem grande versatilidade e o seu custo é razoavelmente acessível em se comparado com outros processos [1].

Com o surgimento de diversas marcas similares de eletrodo revestido no mercado brasileiro, o mesmo pode ser encontrado com uma enorme variedade de preços e características. Para este trabalho propomos testar por meio de ensaios de tração as propriedades mecânicas de cordões de soldas realizados com eletrodos revestidos E-6013 de duas diferentes marcas em corpos de provas confeccionados de acordo com a norma NBR 6152.

2. Soldagem

O processo de união de peças se divide em duas categorias, a primeira o processo de união se dá através de forças macroscópicas como por exemplo na rebiteagem, e o outro processo tem como principal característica a união das peças através de ligações químicas, por exemplo na soldagem [1].

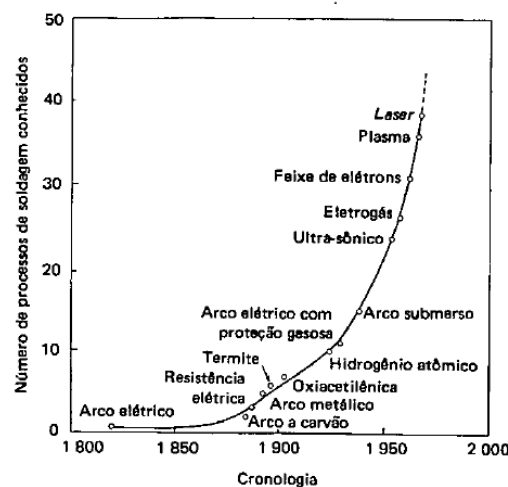
O processo de união de peças metálicas através da soldagem é o meio mais utilizado industrialmente [1]. Este processo é aplicável desde a fabricação de estruturas simples, como uma grade ou portão, até estruturas com elevado grau de responsabilidade, como nas indústrias petrolíferas e nucleares.

2.1 Breve Histórico dos processos de soldagem

O ato de unir peças metálicas já era realizado desde as eras pré-históricas. Existem relatos de que as técnicas de brasagem¹ já eram empregadas desde os anos 3000 ou 4000 a.C [3]. Atualmente no museu de Louvre, existe um pingente de ouro com características de que sofreu soldas durante o seu processo de fabricação por volta de 4000 a C [2].

A figura 1 apresenta a um breve histórico dos processos de soldagens desenvolvidos no decorrer do tempo.

Figura 14 Desenvolvimento Histórico da Tecnologia da Soldagem



¹ Processo de soldagem na qual o metal de adição tem um ponto de fusão mais baixo que o metal de base, sendo a junta preenchida por efeito capilar. [2]

2.2 Eletrodo Revestido

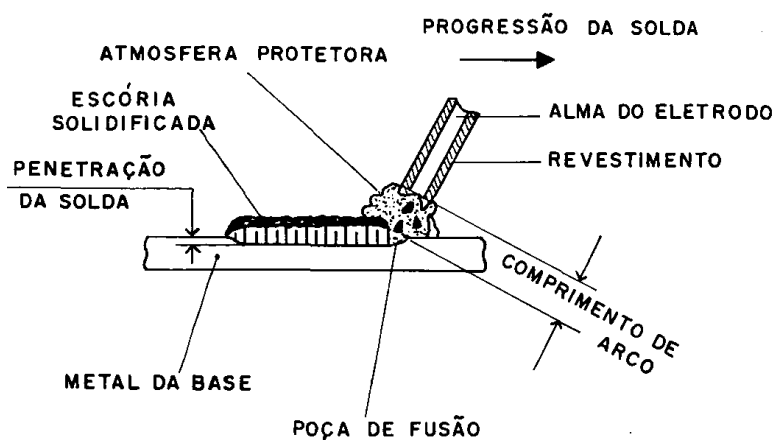
A solda a arco realizada com eletrodos revestidos (*SMAW*) é um processo que produz a coalescência entre metais pelo aquecimento destes através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico revestido e a peça que está sendo soldada. [3]

O eletrodo revestido é formado por duas partes. Uma vareta metálica e um revestimento conforme figura 2. A vareta metálica chamada de alma, conduz a corrente elétrica e fornece o material de adição. Já o revestimento tem várias funções sendo considerada a mais importante a proteção da poça de fusão contra os gases da atmosfera. [1].

No processo de soldagem com eletrodo revestido podem ser utilizados dois tipos de fontes, a de corrente alternada e a de corrente contínua. No processo utilizando fontes de corrente alternada há uma redução no sopro magnético as configurações são mais simples e baratas devido ao custo dos equipamentos e ao custo da manutenção, porém a estabilidade do arco e facilidade de ignição são inferiores. [5]

No processo com fontes de corrente contínua sua principal característica é que se houver variação no comprimento do arco, por influência externa a corrente tende a permanecer constante estas fontes possuem duas configurações que são as unidades geradoras utilizadas normalmente onde o suprimento elétrico não é adequado e as unidades retificadoras que são mais utilizadas por possuírem baixo custo de operação e reduzida manutenção e por possuírem um número mínimo de partes móveis. [4]

Figura 15 Soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido



Fonte: [5]

2.3 Características dos Revestimentos dos eletrodos

O revestimento é uma mistura de diversos componentes químicos cuja as principais funções são: a proteção da poça de fusão contra os gases da atmosfera, estabilizar o arco elétrico, conferir características operacionais, mecânicas e metalúrgicas ao cordão de solda através da escória e dos gases que são gerados durante a queima do eletrodo revestido

Os revestimentos são divididos em quatro grandes grupos [1].

2.3.1 Revestimento Ácido:

É constituído por óxido de ferro, manganês e sílica. Este eletrodo pode ser usado em corrente CC (corrente contínua) e CA (corrente alternada) apresentando uma escória de difícil remoção, taxa de deposição elevada e poça de fusão volumosa. Uma das principais características do revestimento ácido são suas propriedades na solda que são consideradas boas em várias aplicações, porém apresenta baixa resistência a formação de trincas de solidificação menor. Possui cordão de solda com bom acabamento superficial [1].

2.3.2 Revestimento Rutílico:

São revestimentos que contém uma quantidade significativa de rutílo produz uma quantidade elevada de escória. São eletrodos de fácil manuseio podendo ser usado tanto em CC e CA em todas as posições. Pode apresentar uma média ou baixa penetração com bom acabamento. É um eletrodo de grande versatilidade [1].

2.3.3 Revestimento Básico:

Contêm uma quantidade considerável de carbono de cálcio e fluorita, gera uma escória básica, junto com o dióxido de carbono formado pela decomposição do carbonato protege a solda do contato com os gases da atmosfera. Esta escória protege a solda contra a formação de trincas no momento da solidificação [1].

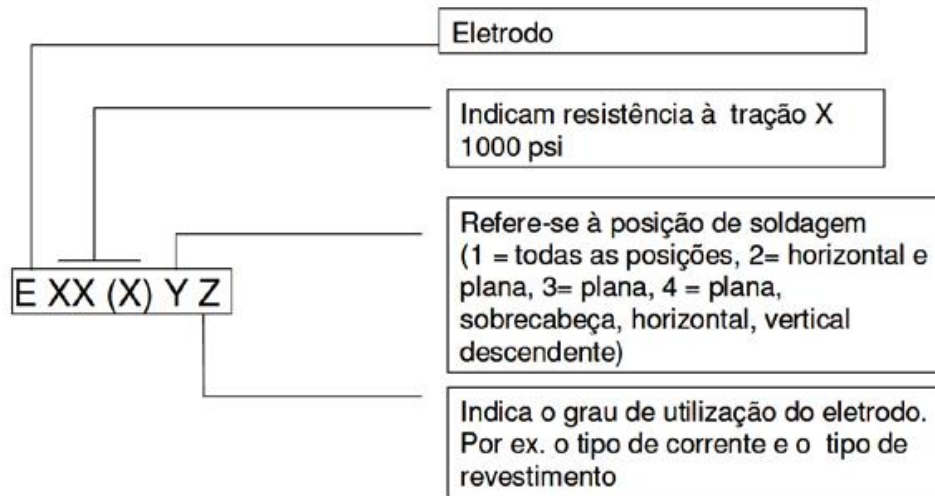
2.3.4 Revestimento Celulósico:

Contem grande quantidade de substâncias orgânicas cuja decomposição no arco gera grande quantidade de gases que protegem o metal líquido. A quantidade de escória produzida é pequena o arco elétrico é forte causando uma grande quantidade de respingo e alta penetração. São geralmente recomendados para soldagem na posição plana [1].

2.4 Classificação dos eletrodos revestidos segundo AWS

Os eletrodos revestidos são classificados com base em propriedades mecânicas do metal de solda, no tipo de revestimento, na posição de solda e no tipo de corrente elétrica (CC ou CA) (4). A norma técnica estabelece um código alfa numérico cujo seu significado está expresso na figura abaixo.

Figura 16 Classificação de eletrodos revestidos para aços carbono



Fonte: [6]

2.5 CARACTERÍSTICA DO ELETRODO REVESTIDO E6013

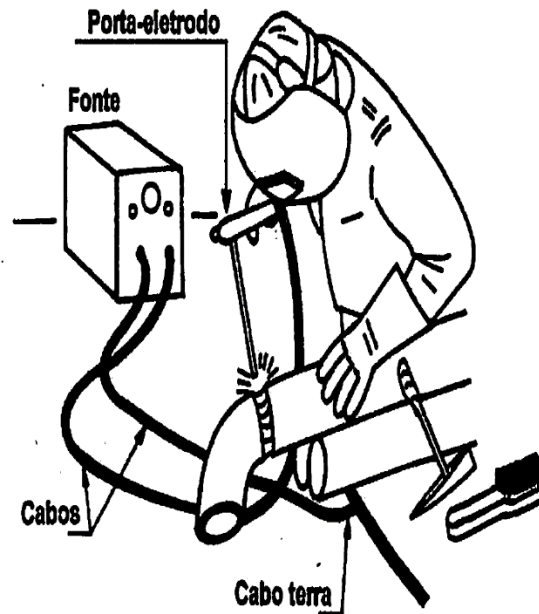
O eletrodo da classe E 6013. Este eletrodo se enquadra no grupo dos eletrodos de revestimento rutilico, pois possui uma grande quantidade de dióxido de titânio (rutilo – TiO₂) em seu revestimento. O seu arco elétrico de baixa penetração permitindo assim que metais de espessuras pequenas sejam soldados sem que haja o furo da peça [4].

2.6 Equipamentos para soldagem a eletrodo revestido:

Processo de soldagem a eletrodo revestido em comparação com os outros processos de soldagem elétrica possui uma das configurações mais simples [4]. Este processo conforme figura 4 é constituído basicamente por:

- Fonte de energia
- Porta eletrodo
- Cabos e conexões
- Equipamentos de segurança (máscara, óculos, avental e etc.)
- Ferramentas (picadeira, escova de aço e etc.)

Figura 17 Circuito de soldagem para processos com eletrodos revestidos

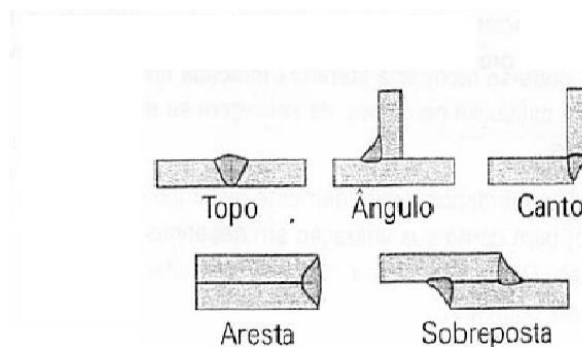


Fonte: [5]

2.7 Juntas

O local onde as peças são unidas por soldagem é chamado de junta. A figura 5 mostra as disposições das peças de acordo os vários tipos de juntas [1].

Figura 18 Tipos de Juntas

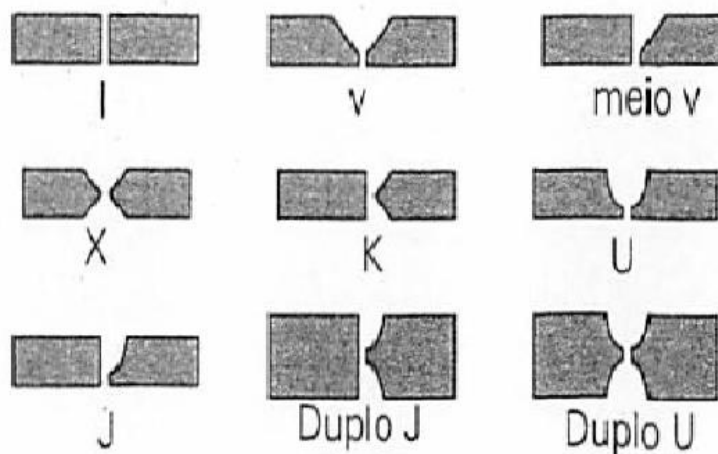


Fonte: [1]

2.8 Chanfros:

Algumas vezes de acordo com as necessidades do projeto e as dimensões das peças, é necessária uma preparação anterior das juntas em forma de cortes ou conformações. Esta preparação recebe o nome de Chanfro. Para a escolha do chanfro adequado deve se levar em consideração vários fatores, como por exemplo: as dimensões das peças, a facilidade do acesso ao local de soldagem, a facilidade de move-las. A figura abaixo mostra os formatos dos chanfros [1].

Figura 19 Tipos de Chanfros

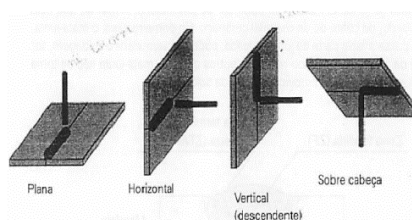


Fonte: [1]

2.9 Posição de soldagem

A soldagem pode ser realizada em quatro posições diferentes, são elas: plana, horizontal, vertical ou sobre cabeça. Estas quatro posições podem ser melhor visualizadas conforme figura abaixo. A soldagem na posição plana geralmente é a mais aconselhável pelo fato da mesma ser executada com maior facilidade e se obter uma maior produtividade [1].

Figura 20 Posições de Soldagem

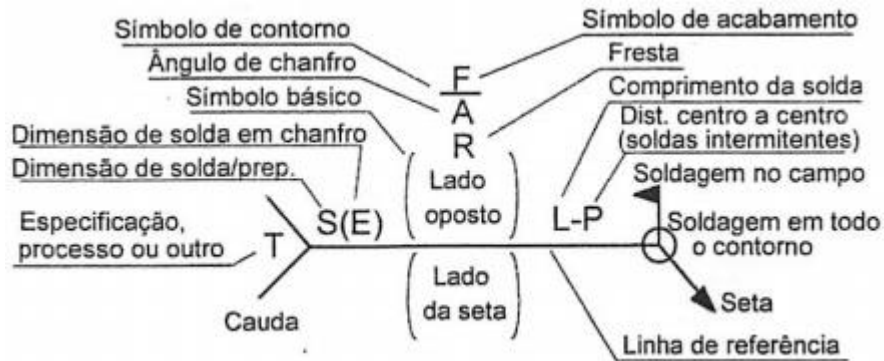


Fonte: [1]

2.10 SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM

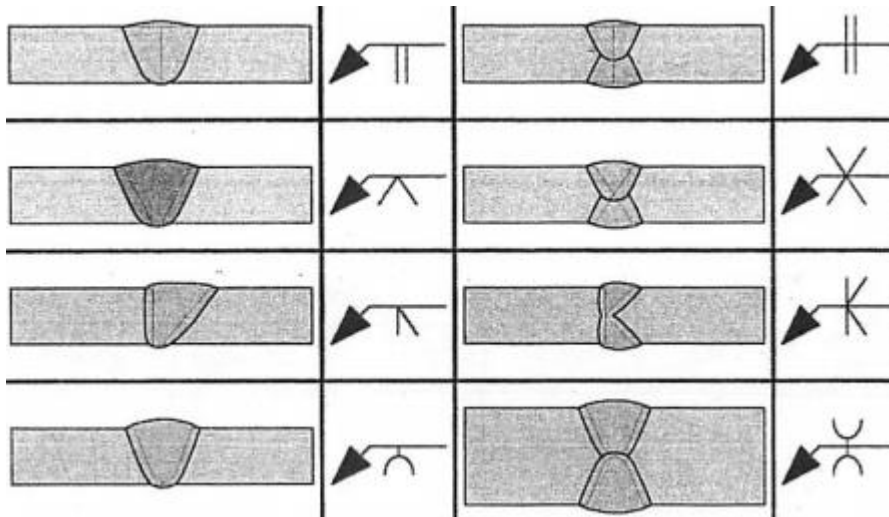
A simbologia é uma forma de representar através de números, sinais e setas um determinado tipo de solda, junta ou chanfro é usado pelos projetistas para transmitir instruções necessárias ao soldador. A NBR 7165 estabelece as simbologias de solda a fim de garantir a execução correta para uma junta soldada. As figuras abaixo mostram a localização dos elementos de soldagem.

Figura 21 Localização dos elementos de um símbolo de soldagem.



Fonte: [1]

Figura 22 Tipos básicos de solda e seus símbolos



Fonte: [1]

3. Ensaio Mecânico

Para que se possa determinar as propriedades mecânicas dos materiais metálicos é necessário a realização de ensaios mecânicos. Estes ensaios se dividem entre destrutivos² e não-destrutivos. Os ensaios mecânicos destrutivos são compostos por ensaio de tração, dobramento, torção, fadiga, impacto, compressão e outros.

Compõe os ensaios não destrutivos ensaios por líquido penetrante, raio x, ultrassom dentre outros. [5]

Para este trabalho optamos por realizar o ensaio de tração, pois através deste ensaio, é possível avaliar diversas propriedades mecânicas dos materiais. [5 p. 7] “ A facilidade de execução e a reprodutividade dos resultados tornam o ensaio de tração o mais importante” [5 p. 7].

3.1 Ensaio de Tração

Este ensaio está contido no grupo dos ensaios classificados como destrutivos cujo objetivo é analisar as propriedades mecânicas dos materiais, o corpo de prova é sujeito a aplicação de força de tração em apenas uma direção axial. Essa força é aumentada de maneira uniforme até sua ruptura. A máquina que realiza o teste de tração alonga o corpo de prova com uma velocidade constante, e o resultado do teste é registrado em forma de gráfico que relaciona a força aplicada e deformação ocorrida durante o teste [7].

3.2 Propriedades Mecânicas Obtidas Pelo Ensaio de Tração:

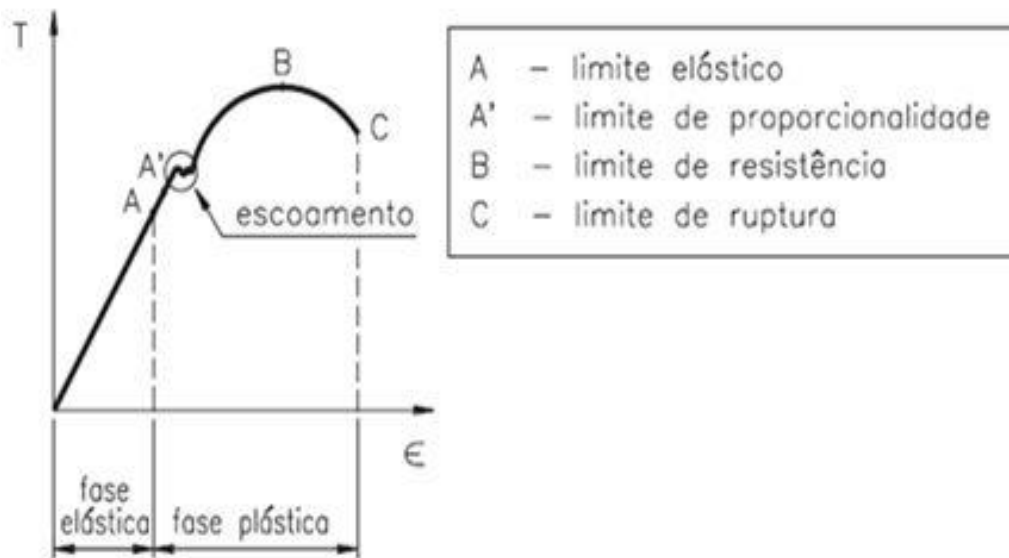
Ao realizar o ensaio de tração, um gráfico tensão³ e deformação⁴ é gerado a partir da análise das medidas das cargas ou (tensão) e da deformação que o corpo de prova sofre durante o ensaio. O ensaio de tração nos fornece quatro informações básicas sendo elas: limite Elástico, limite de escoamento, limite de resistência, limite de ruptura [5].

² Promovem a Ruptura ou a inutilização do corpo de prova

³ A tensão é a resistência interna de um corpo a uma força externa aplicada sobre ele, por unidade de área. A unidade de tensão no SI é o $\frac{N}{mm^2} = MPa$. [5]

⁴ A deformação se caracteriza pela variação da dimensão de um dado corpo por unidade de mesma dimensão. Por este motivo a deformação é uma grandeza adimensional. [5]

Figura 23 Gráfico Tensão & Deformação



Fonte [10]

3.3 Limite Elástico

O limite elástico que está representado pela letra (A) é definido como a maior tensão que o corpo de prova consegue suportar sem que o mesmo venha sofrer uma deformação permanente. Enquanto o material estiver dentro da fase elástica o mesmo obedece a lei de Hooke, ou seja, a deformação é proporcional a tensão [5].

3.4 Limite de proporcionalidade

O ponto (A') é conhecido como o limite de proporcionalidade, a partir deste ponto a deformação do material não será mais proporcional a tensão. Vale ressaltar que alguns autores colocam (A') abaixo de (A) [5].

3.5 Limite de escoamento:

Quando um metal é submetido a uma força de tração ele sofrerá uma deformação, enquanto esta força não ultrapassar o limite de escoamento o metal poderá retornar a sua forma original ao cessar da força sem nenhum dano a sua estrutura física. Quando o limite de escoamento é atingido o material não estará mais dentro de seu regime elástico e o mesmo não retornará mais a sua forma original [5]. O limite de escoamento é dado pela expressão:

$$\sigma_e = \frac{Q_e}{S_0} \quad \text{Eq (1)}$$

Onde Q_e representa a carga de escoamento dado em (N) e S_0 representa a área inicial dado em (mm^2). A unidade de medida do limite de escoamento é dada em (MPa).

3.6 Limite de resistência

Ao fim da fase elástica o material entra em sua fase plástica, caso a força não cesse, o ensaio continuará até que seja atingida a tensão máxima que o material suportará o que caracteriza o fim da fase plástica e o início da estricção [5]. O limite de Resistência é dado pela expressão:

$$\sigma_r = \frac{Q_r}{S_0} \quad \text{Eq (2)}$$

Onde Q_r representa a carga máxima atingida no ensaio dado em (N) e S_0 representa a área inicial dado em (mm^2). A unidade de medida do limite de resistência é dada em (MPa).

3.7 Alongamento:

Para que se possa obter o alongamento é preciso medir o corpo de prova através de marcas feitas nele antes do ensaio, conforme normas técnicas. Após a ruptura do corpo de prova faz se a união das duas partes para que uma nova medida seja realizada [5]. O alongamento é dado pela expressão:

$$A = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad \text{Eq (3)}$$

Onde L_0 é o comprimento inicial e L é o comprimento final ambas unidades são dadas em (mm). O alongamento é representado em porcentagem.

3.8 Redução de área

A redução de área também conhecida como estricção é dada em porcentagem e é dada pela medida da seção transversal do corpo de prova após a ruptura. “O valor da redução de área mede a ductilidade ou a fragilidade relativa do material [5].

$$\varphi = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot 100 \quad \text{Eq (4)}$$

Onde S_0 é a secção inicial e S é a secção final após a estrição ambas unidades são dadas em (mm^2). O alongamento é representado em porcentagem.

4. Corpos de Prova

Os corpos de provas devem ser confeccionados de acordo com normas técnicas. A associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem o projeto NBR 6152. Este projeto define as formas e dimensões aos corpos de provas quando submetidos ao ensaio de tração [5].

Os corpos de provas podem ter sua seção transversal no formato: circular, quadrada, retangular, anelar ou em casos especiais de outra forma [8].

5. Aço

Aços são ligas de ferro-carbono na qual as suas propriedades físicas são extremamente sensíveis a quantidade de carbono que geralmente não passa de 1%. Os aços conhecidos como aços comuns são classificados em três grandes grupos de acordo com sua concentração de carbono [7].

5.1 AÇOS COM BAIXO TEOR DE CARBONO

Os aços de baixo teor de carbono são os mais fabricados dentre todos os outros aços. Dentre estes aços podemos exemplificar de acordo com a designação da ASTM os aços 1010, 1020 e A36. Para estes aços sua composição o carbono corresponde a no máximo 0,25% e a sua microestrutura é formada por ferrita e perlita. A sua estrutura é em geral mole e fraca, no entanto possui excelente ductilidade e ótima tenacidade, sendo ele de fácil usinagem e soldagem. Por este motivo ele possui grande aplicabilidade na fabricação de vigas I, canaletas, chapas usadas em tubulações, edificações, pontes e etc. Estes aços possuem o limite de escoamento por volta de 275 MPa, limites de resistência a tração entre 415 e 550 MPa e uma ductilidade de 25% de alongamento [7].

5.2 Aços com Médio Teor de Carbono:

Em geral estes aços possuem uma porcentagem de carbono na casa dos 0,25 e 0,60%. Dentre as várias aplicações podemos citar a fabricação de rodas, trilhos de trem engrenagens, virabrequins e vários outros componentes que exigem uma resistência alta, resistência a abrasão e tenacidade. De acordo com designação AISI/SAE temos como exemplo o aço 1060 [7].

5.3 Aços com alto teor de carbono:

São aços quem contém em sua estrutura uma porcentagem de carbono aproximadamente entre 0,60 e 1,4%. Por serem muito resistentes ao desgaste e a abrasão estes aços são ideais para a fabricação de ferramentas de corte, matrizes para modelação e conformação de materiais e etc. [7].

6. Materiais e métodos

6.1 Material utilizado para a confecção dos corpos de provas.

O material utilizado para a confecção dos corpos de provas foram barras de aço chato SAE 1020, com as seguintes dimensões 3,18 mm de espessura por 38 mm de largura e com as seguintes composições químicas e propriedades mecânicas, atestadas conforme Certificado de qualidade conforme figura 11, cujo os dados podem ser melhores visualizados na tabela 1.

Figura 24 Certificado de qualidade

BITOLA / SIZE		LOTE / HEAT	QTD / QUANT	C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	LE	LR	Along							
				%	%	%	%	%	%	%	MPa	MPa	%							
1.1/2 X 1/8		4667208103	1,025 T	0,14	0,50	0,13	0,012	0,028	0,02	0,03	319	436	27,00							

Fonte: Gerdau

Tabela 4 Propriedades Químicas e Mecânicas Aço SAE 1020

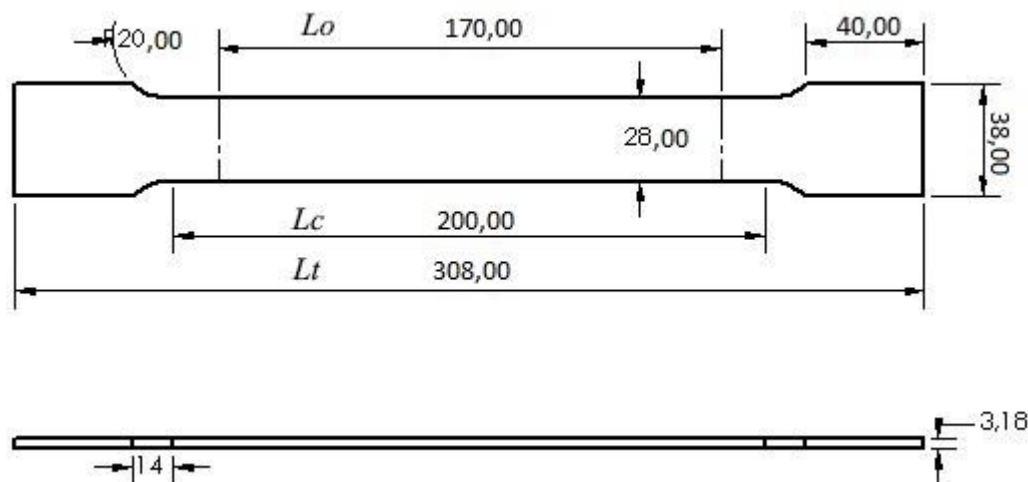
C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	LE	LR	Along
%	%	%	%	%	%	%	MPa	MPa	%
0,14	0,50	0,13	0,012	0,028	0,02	0,03	319	436	27,00

Fonte: Laudo Técnico

6.2 Dimensões dos corpos de provas

Os corpos de provas foram dimensionados conforme Norma Brasileira Regulamentadora NBR 6152. Esta norma recomenda que não ultrapasse a relação de 8:1 entre a largura e espessura do corpo de prova, O raio mínimo de concordância no valor de 12 mm, o valor do comprimento paralelo (Lc) deve ser igual ou maior que: $L_o + 1,5 \sqrt{S_o}$. Os valores em milímetros escolhidos podem ser vistos conforme figura abaixo.

Figura 25 Desenho Técnico Corpo de Prova



Fonte Própria

6.3 Preparação dos corpos de provas

Após definida as dimensões dos corpos de provas, as barras de aço foram cortadas em 15 pedaços menores de 308 mm de comprimento. Para os cortes foi utilizado a máquina serra fita que se encontra no centro tecnológico da Uni Evangélica.

Tabela 5 Dados Técnicos Serra Fita

Marca	Modelo	Velocidade	Peso	Motor	Data
Ronemak	SR-250 VF	50-150 mm/m	360 Kg	105 CV 4P	13/09/2013

Fonte: Própria

Ao estarem devidamente cortadas, as barras de aço foram fresadas no laboratório de mecânica do da faculdade Senai Roberto Mange Anápolis Go, adquirindo assim o formato desejado conforme figura 12 acima.

Em seguida, os corpos de provas já com as devidas dimensões, foram levados ao Centro Tecnológico da Faculdade Uni Evangélica e cortados ao meio utilizando serra fita, e na sequencia todas as partes foram unidas novamente utilizando o processo de soldagem a eletrodo revestido.

6.4 Processo de Soldagem

As soldas dos corpos de provas foram realizadas utilizando aparelho inversor de solda que se encontra no centro tecnológico da faculdade Uni Evangélica.

Tabela 6 Dados Técnicos Aparelho de Soldagem


Marca	Modelo	Tensão	Amperagem de Solda	Tensão de Solda	Frequência
Esab	LHN 220 Plus	220 A 240 V	5 A 200 (a)	20 A 28 V	50 A 60 Hz

Fonte: Própria

Para a soldagem foram utilizados eletrodos revestido E6013, de 2,5 mm de diâmetro de duas diferentes marcas e preço.

Os parâmetros de soldagem foram escolhidos com base em catálogos técnicos das marcas utilizadas e testes realizados em barras de aço 1020 adquiridas para este propósito. A tabela 4 mostra todos os parâmetros de soldagem utilizadas para ambos os eletrodos revestidos durante a soldagem

Tabela 7 Parâmetros de Soldagem

Corrente	Junta	Chanfro	Posição	Abertura Raiz	Simbologia
60 (A) DC	Topo	I	Plana	1 mm	

Fonte: Própria

Para garantir que os eletrodos revestidos não estivessem úmidos no momento da soldagem, uma semana antes da soldagem dos corpos de provas, todos os eletrodos foram colocados em uma estufa no centro tecnológico da faculdade Uni Evangélica a 80°. Pois Os eletrodos devem ser armazenados em estufas cuja temperatura seja no mínimo 10 °C acima da temperatura ambiente ou igual ou superior a 20 °C [9].

Tabela 8 Dados Técnicos Estufa

Modelo	Série	Temperatura Máxima	Capacidade	Tensão	Potência
CBLE-100Tdig	8796	220 °C	100 Kg	220 V	2000 W

Fonte: Própria

Como o objetivo deste artigo é apenas comparar as características mecânicas (limite de resistência) obtidas através dos ensaios de tração realizados nos cordões de soldas dos corpos de provas, optamos por não divulgar as marcas dos respectivos eletrodos revestidos, e somente suas características químicas e propriedades mecânicas, conforme catálogos técnicos das devidas marcas.

Ambos os eletrodos receberam codinomes para uma melhor visualização. Sendo assim as marcas serão descritas neste artigo como “A” ou “B”. As duas marcas foram adquiridas em loja especializada em materiais para serralheiros e soldadores, na cidade de Anápolis Goiás. Os eletrodos das duas marcas estavam devidamente embalados em suas embalagens originais e armazenados em temperatura ambiente.

6.4.1 Eletrodo revestido de marca “A”

O quilograma deste eletrodo custou 2,5 vezes a mais que o quilograma do eletrodo da marca “B”. Abaixo segue tabela com as propriedades químicas e mecânicas do eletrodo revestido de marca “A” conforme catálogo técnico.

Tabela 9 Propriedades Eletrodo Marca "A"

Metal	Propriedades	Posições de	Tensão/	Diâmetro	Comprimento	Faixa
Depositado	Mecânicas	Soldagem	Corrente	mm	mm	Corrente (A)
C 0,07	LR 480-520 Mpa	Todas	18-28 V	2,5	350	60-100
Si 0,20	A 22-24%		CA \geq 50 V			
Mn 0,35			CC+ ou -			

Fonte: Catálogo Técnico Marca "A"

6.4.2 Eletrodo Revestido de marca “B”

Abaixo segue tabela com as propriedades químicas e mecânicas do eletrodo revestido de marca “B” conforme catálogo técnico.

Tabela 10 Propriedades Eletrodo Marca "B"

Metal	Propriedades	Posições de	Tensão/	Diâmetro	Comprimento	Faixa
Depositado	Mecânicas	Soldagem	Corrente	mm	mm	Corrente (A)
C 0,08	LR 375-490	Todas	18-28 V	2,5	350	60-90
Si 0,35	A 20-25%		CA \geq 50 V			
Mn 0,65			CC+ ou -			

Fonte: Catálogo Técnico Marca "B"

A figura 16 mostra alguns corpos de prova após o processo de soldagem a eletrodo revestido.

Figura 26 Corpos de Prova Soldados



Fonte: Própria

6.5 Ensaios

Antes da realização dos ensaios de tração, todos os corpos de provas foram armazenados por 48 horas na estufa do centro tecnológico da faculdade Uni Evangélica a 95 °C. Pois as soldas realizadas com eletrodos do tipo rutílico devem ser envelhecidas por 48 horas antes do ensaio de tração a uma temperatura da faixa de 95 °C a 115 °C com o objetivo de acelerar a difusão do hidrogênio do metal de solda [3].

Os ensaios foram realizados no dia 24 de setembro de 2017 com início às 19 horas no laboratório de mecânica da Faculdade Senai Roberto Mange, Anápolis Go. Para os ensaios utilizou-se máquina universal de ensaios.

Tabela 11 Dados Técnicos Máquina Universal

Marca	Modelo	Capacidade	Velocidade	Abertura
Emic	DL 10000	100 KN	0,02 A 500 mm/min	120 A 1370 mm

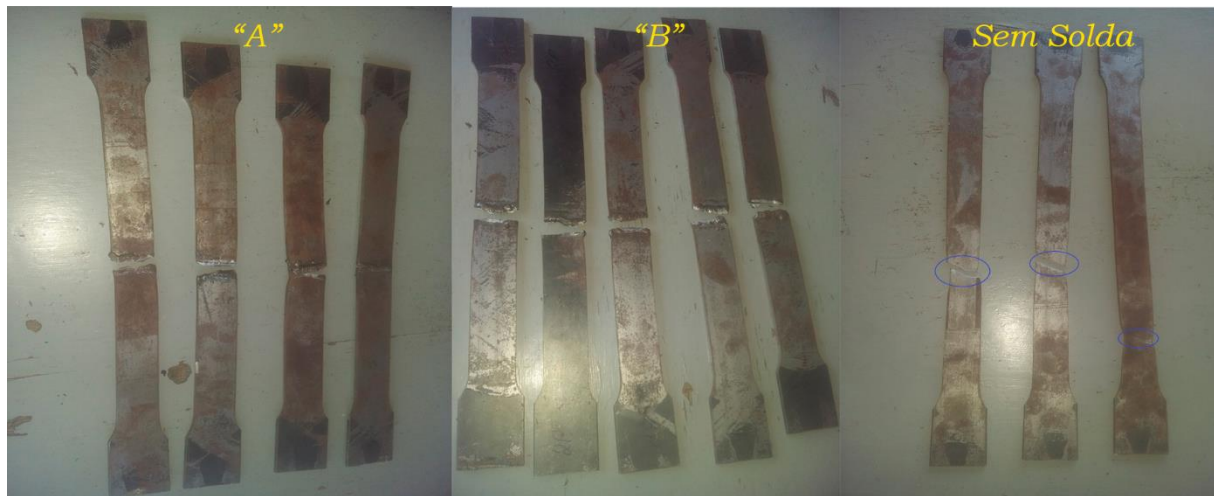
Fonte: [11]

Esta máquina passou por processo de calibração pela empresa QUANTEQ (equipamentos de ensaio Ltda.) conforme figura 13 na data 25 de janeiro de 2017 mediante certificado de calibração número 585/16.01.

Quinze corpos de provas foram levados à máquina universal de tração dentre estes, cinco foram soldados com eletrodos de marca “A” e cinco foram soldados com eletrodos de marca “B” os outros cinco não precisaram passar por soldagem pois estes não foram cortados ao meio. Durante os ensaios alguns problemas ocorreram com os corpos de provas. Dois corpos de provas não se fixaram de forma correta e escorregaram das garras, e um corpo de prova foi comprimido vindo a sofrer uma deformação permanente. Por estes motivos ao todo foram ensaiados 12 corpos de provas, sendo quatro com soldas do eletrodo de marca “A”, cinco com soldas do eletrodo de marca “B” e três corpos de provas que não passaram por processo de soldagem. Após os ensaios conforme figura abaixo pode se observar que todos os corpos de provas que foram unidos por soldas tiveram sua ruptura exatamente no cordão de solda e os corpos de prova sem soldas romperam dentro do limite L_0 (comprimento de medida original)

Onde L_0 sempre será menor que L_c (comprimento livre)

Figura 27 Corpos de prova após ensaio de tração



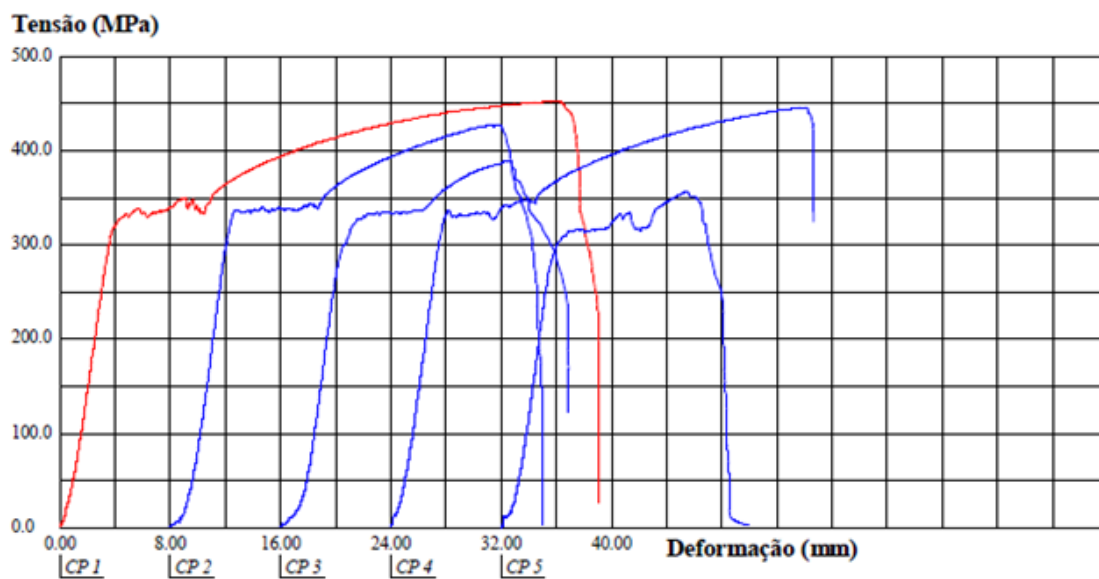
Fonte: Própria

6.6 Valores obtidos com os ensaios de tração

O limite de resistência (LR) ou a carga máxima atingida, são os únicos valores que podem ser medidos nos ensaios de tração em corpos soldados, pois em materiais heterogêneos a especificação da parte que sofre o escoamento não é muito clara [5].

Os valores demonstrados em tabelas retiradas dos relatórios de ensaios são as forças máximas que cada corpo de prova suportou, ou seja, a partir deste ponto os corpos de provas saem da fase plástica e iniciam a estricção mais popularmente conhecida como empescoçamento. Em seguida segue a figura do relatório e dos gráficos Tensão & Deformação gerados pela máquina de ensaio universal.

Figura 28 Relatório de Ensaio Eletrodo Revestido Marca "A"



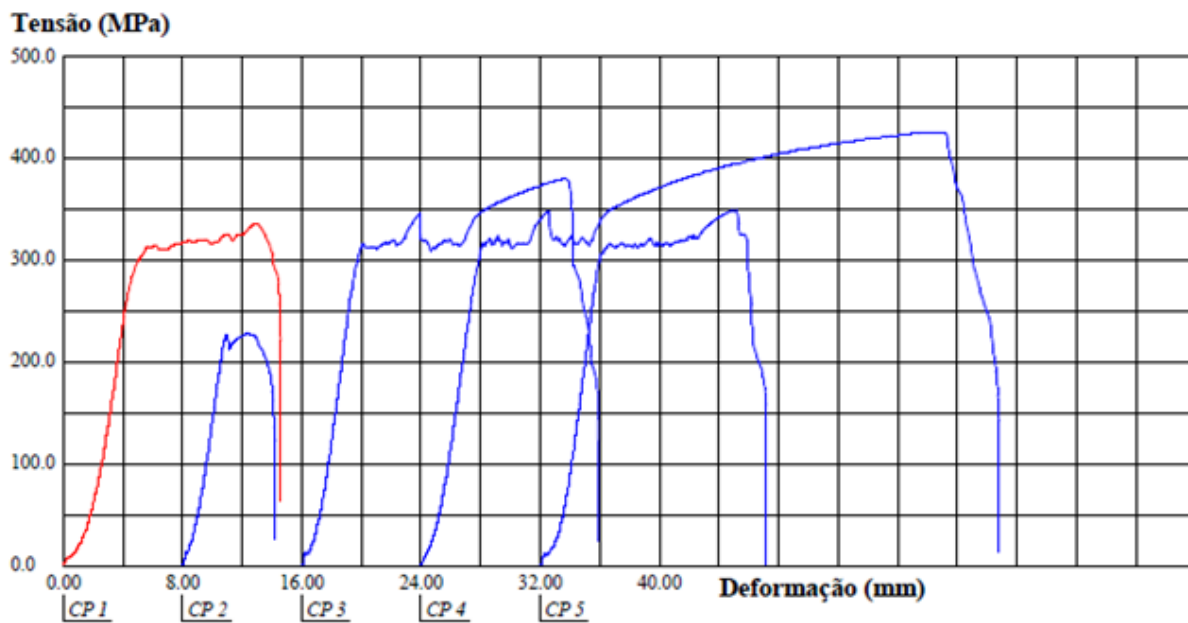
Fonte: Própria

Tabela 12 Carga Máxima Corpos de Prova Eletrodo Revestido Marca "A"

CP 1	38.043,02 N
CP 2	35.934,94 N
CP 3	32.673,63 N
CP 4	37.488,27 N
CP 5	XXXXXXXX
TOTAL	153.049,42 N
MÉDIA	36.034,95 N

Fonte 24 Do Autor

Figura 29 Relatório de Ensaio Eletrodo Revestido Marca "B"



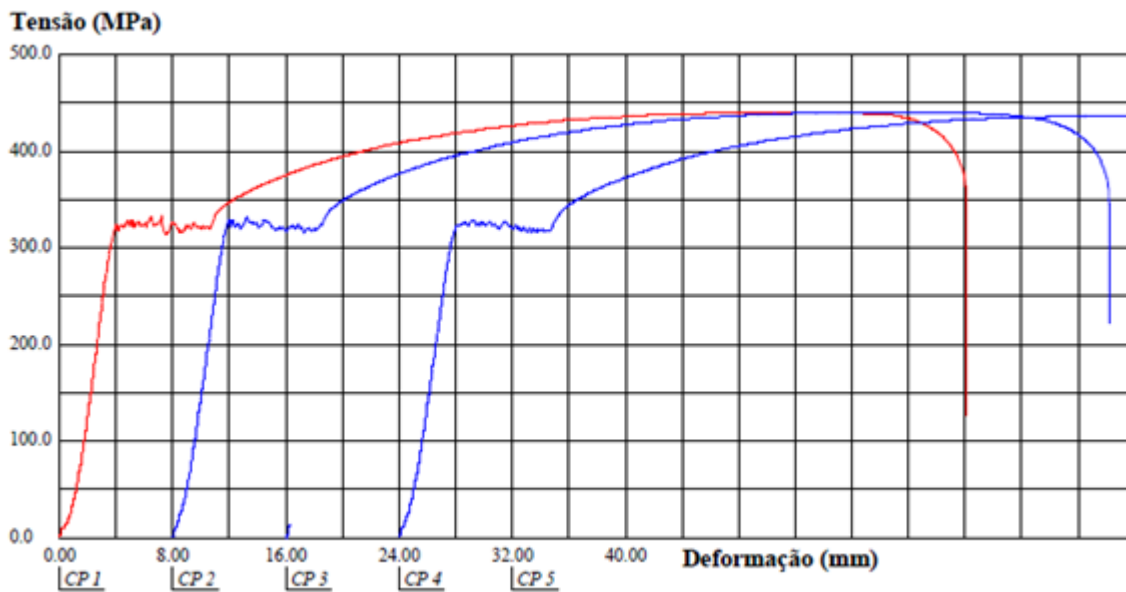
Fonte: Própria

Tabela 13 Carga Máxima Corpos de Prova Eletrodo Revestido Marca "B"

CP 1	29.893,11 N
CP 2	20.364,70 N
CP 3	33.820,13 N
CP 4	37.861,46 N
CP 5	31.110,22 N
TOTAL	153.049,864 N
MÉDIA	30.609,86 N

Fonte: Própria

Figura 30 Relatório de Ensaio Corpos de Provas Sem Solda



Fonte: Própria

Tabela 14 Carga Máxima Corpos de Prova sem solda

CP 1	39.155,90 N
CP 2	39.213,06 N
CP 3	38.849,95 N
CP 4	XXXXXXXX
CP 5	XXXXXXXX
TOTAL	117.218,91 N
MÉDIA	39.072,97 N

Fonte: Própria

7. Cálculos

7.1 Eficiência das Soldas

Calcula-se a eficiência da solda dividindo a carga de ruptura do material soldado com a carga de ruptura do material de base (sem soldas) em %. [5]. Para os cálculos realizados abaixo foram utilizados as médias das forças máximas obtidas nos ensaios. Como alguns corpos de prova sem solda acabaram não rompendo, optamos por descartar os menores valores da carga de ruptura dos corpos de provas “A” e “B” a fim de manter a mesma quantidade para cada amostra.

- Eficiência solda com o eletrodo de marca “A”

$$e = \frac{37155,41}{39072,97} * 100 \quad \text{Eq (6)}$$
$$e = 95,09\%$$

Resultando em uma perda de resistência de 4,91 % Conforme indicado nos cálculos.

- Eficiência solda com o eletrodo de marca “B”

$$e = \frac{34263,93}{39072,97} * 100 \quad \text{Eq (7)}$$
$$e = 87,69\%$$

Resultando em uma perda de resistência de 12,31 % Conforme indicado nos cálculos.

7.2 Dispersão das médias das cargas máximas

A medida das dispersões tem como principal objetivo verificar a homogeneidade dos resultados. Este cálculo foi realizado utilizando a medida do desvio padrão e o quociente de variação.” [11]

7.2.1 O desvio padrão é uma medida de dispersão em torno da média [11].

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{n-1} \right)^2} \quad \text{Eq (8)}$$

- Resultado obtido com o cálculo de desvio padrão do limite de resistência da solda com eletrodo de marca “A”

$$S = 1092,75 \text{ N}$$

- Resultado obtido com o cálculo de desvio padrão do limite de resistência da solda com eletrodo de marca “B”

$$S = 3397,43 \text{ N}$$

- Resultado obtido com o cálculo de desvio padrão do limite de resistência do corpo de prova sem soldas

$$S = 195,24 \text{ N}$$

7.2.2 Coeficiente de variação:

7.2.3

O coeficiente de variação mede a variabilidade de um grupo, ou seja, o quanto este grupo se afasta ou se aproxima da média. É importante mencionar que quanto menor for o coeficiente de variação mais homogêneo será o grupo [13].

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad \text{Eq (9)}$$

- Resultado obtido com o cálculo do coeficiente de variação do limite de resistência da solda com eletrodo de marca “A”

$$CV = 2,94 \%$$

- Resultado obtido com o cálculo do coeficiente de variação do limite de resistência da solda com eletrodo de marca “B”

$$CV = 9,92 \%$$

- Resultado obtido com o cálculo do coeficiente de variação do limite de resistência do corpo de prova sem soldas

$$CV = 0,50 \%$$

Análises

Todas as análises que foram feitas para este trabalho levaram-se em conta os resultados obtidos pelos cálculos que estão sendo demonstrados de forma mais organizada na tabela 12 abaixo.

Tabela 15 Resultados dos cálculos

	Corpo de prova “A”	Corpo de Prova “B”	Corpo de Prova sem Solda
Média Limite de Resistência	37.155,41 N	34.263,93 N	39.072,97 N
Perda de Resistência	4,91%	12,31 %	
Desvio Padrão	1092,75N	3397,43 N	195,24 N
Quociente de Variação	2,94 %	9,92 %	0,50%

Fonte Própria

7.3 Eficiência

De acordo com os resultados obtidos nos cálculos de eficiências pode-se afirmar que o corpo de prova soldado com eletrodo revestido de marca “A” obteve uma perda de eficiência de 4,91% em relação ao corpo de prova sem soldas. E o corpo de prova soldado com eletrodo de marca “B” obteve uma perda de eficiência de 9,62%. De acordo com os resultados pode se dizer que o eletrodo de marca “A” se mostrou superior ao eletrodo de marca “B” no quesito eficiência.

7.4 Desvio Padrão

Ao analisar os resultados dos cálculos de desvio padrão do limite de resistência de solda do corpo de prova soldado com eletrodo revestido de marca “A” pode-se afirmar que os resultados obtidos são notoriamente mais homogêneos que os resultados obtidos com os corpos de provas soldados com eletrodos revestidos de marca “B”, por este motivo no quesito homogeneidade de resultados, o eletrodo revestido de marca “A” teve melhor resultado.

7.5 Quociente de variância.

Ao analisar os resultados obtidos através dos cálculos do quociente de variância pode-se afirmar que o eletrodo revestido de marca “A” é mais confiável do que o eletrodo revestido de marca “B”, pois os seus resultados tiveram uma variação de 2,94% enquanto que o eletrodo de marca “B” obteve uma variação bem maior que o eletrodo de marca “A” variando 9,92%

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos pelos ensaios realizados e analisados estatisticamente pelo desvio padrão, pode se observar que em comparação ao corpo de prova sem solda o eletrodo da marca “A” apresentou uma solda mais resistente.

Os resultados dos ensaios mostram a importância da escolha dos eletrodos revestidos para esse processo de soldagem, visto que existe diversas marcas de eletrodos disponíveis no mercado. Para um processo de fabricação por soldagem a eletrodo revestido, a escolha dos eletrodos influencia diretamente qualidade do produto final. As duas marcas analisadas mostram a diferença dos cordões de solda, que não são percebidas visivelmente. Comparando os gráficos das figuras 15, 16 e 17 respectivamente podemos observar que o eletrodo da marca “A” apresentou as propriedades mecânicas tensão e deformação, mais próximas se comparado ao corpo de prova sem solda. Estatisticamente também podemos observar que os valores do eletrodo da marca “A” apresentam um desvio padrão menor, uma maior eficiência e uma variação menor em relação ao eletrodo da marca “B”.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode se usar uma maior variedade de marcas de eletrodos. Assim também como a realização de outros tipos de ensaios.

Bibliografia

- [1]. BRACARENSE, Alexandre Queiroz; MARQUES, Paulo Villani e MODONESI, Paulo José. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**. Belo Horizonte : UFMG, 2011.
- [2]. TANIGUCHI, Célio e OKUMURA, Toshie. *Engenharia de Soldagem e Aplicações*. Rio de Janeiro : LTC, 1982.
- [3]. AMERICAN WELDING SOCIETY. **AWS A5.1: Specification for carbon steel electrodes for shielded metal arc welding**. Miami : s.n., 1991.
- [4]. WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte e MELO, Fábio Décourt Homem. **Soldagem Processos e Metalurgia**. São Paulo : EDGARD BLUCHER LTDA, 1992.
- [5]. SOUZA, Sergio Augusto de. **Ensaio mecânicos materiais soldados**. São Paulo : Edgard Blucher Ltda, 1982.
- [6] CENTRO DE CONHECIMENTO ESAB. *ESAB* . [Online] 19 de Maio de 2014. disponível em www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_eletrodo_revestido_mma_smaw.cfm.
- [7]. CALLISTER Jr, Willian D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. Salt Lake City : LTC, 1999.
- [8] TÉCNICAS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS. **NBR 6152: Materiais Metálicos: Ensaio de tração a temperatura ambiente**. Rio de Janeiro : s.n., 2002.
- [9] COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **Petrobras N-133: Soldagem**. Rio de Janeiro : s.n., 2004.
- [10] COZACIUC, IVAN, SILVA, LUIZ RODRIGUES e TOGNI, ANTONIO MARCOS. **Ensaio de materiais**. São Paulo : Senai, 2000.
- [11] CRESPO, Antônio Crespo. **Estatística Fácil**. São Paulo : Saraiva, 2009.
- [12] BALTAZAR, Paulo. **Emic Máquinas de Ensaio**. *docente.ifb.edu.br*. [Online] [Citado em: 16 de 11 de 2017.]Disponível em docente.ifb.edu.br/paulobaltazar/lib/exe/fetch.php?media=manual_ensaio_tracao_dl10000_emic.pdf.
- [13] BUSSAB, WILTON DE O e MORETTIN, PEDRO A. *Estatística Básica*
- [14]. DA SILVA, Augusto José . **Influência da Aplicação do Processo de Soldagem MIG/MAG na Estrutura da Carroceria Monobloco Automotiva**. *senaispeditora*. [Online] 14 de Agosto de 2013. [Citado em: 06 de Setembro de 2017.]

A SEGURANÇA DE VOO A PARTIR DA MANUTENÇÃO E OS RISCOS GERADOS PELOS FATORES HUMANOS

LEMES, D. A. F.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. alveslemes@hotmail.com

TOLENTINO, K. C.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. kennedy_car@hotmail.com

BECHEPECHE, A. P.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. abechepeche@yahoo.com.br

COSTA, J. M. A.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. jorge.costa@docente.unievangelica.edu.br

SANTOS, C. G. O.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. matclaudya@gmail.com

Resumo

O presente artigo descreve uma análise dos erros ocorridos na manutenção aeronáutica, ligados aos fatores humanos, que podem influenciar na segurança de voo. Os procedimentos adotados para o desenvolvimento deste trabalho foram: pesquisas em artigos e documentos, apreciações em relatórios de acidentes aeronáuticos e noções de conhecimentos adquiridos na área de manutenção aeronáutica. Os estudos realizados têm como principais objetivos: descrever os fatores humanos que podem impactar a segurança de voo, confrontar os erros humanos com os fatores influenciadores, exemplificar com estudos de casos tirados de relatórios de acidentes aéreos e demonstrar como é feito o treinamento para prevenir erros ligados à ação humana. Também, são apresentadas as abrangências de como os acidentes estão ligados aos fatores humanos e como se precaver através de métodos como MRM (Maintenance Resource Management), fornecendo procedimentos corretos e necessários para identificar condições dissimuladas, ameaças e fatores de risco sistemáticos, antes que causem danos às pessoas ou propriedades. Conclui-se, então, que existe a necessidade da realização de cursos e treinamentos para todo o pessoal envolvido na manutenção aeronáutica, resultando no aumento da consciência situacional, participação efetiva na segurança de voo e aumento significativo no preenchimento de relatórios de prevenção.

Palavras-Chave: Fatores humanos. Segurança de voo. Manutenção.

Abstract: The present article describes an analysis of the errors occurred in aeronautical maintenance, related to human factors, that can influence flight safety. The procedures used for the development of this work were research on articles and documents, critique in aeronautical accident reports and knowledge acquired in the aeronautical maintenance area. The main objectives of the studies are: to describe the human factors that can impact flight safety, to confront human errors with influencing factors, to exemplify with case studies drawn from crash reports and to demonstrate how training can prevent errors involving human action. The comprehensiveness to which accidents are linked to human factors are shown and how to prevent through methods such as MRM (Maintenance Resource Management), providing correct and necessary procedures to identify hidden conditions, threats and systematic risk factors before they cause damage to people or property. It is conclusive to say that there is a need for training for all people involved in aeronautical maintenance, effective participation in flight safety and a significant increase on completing the prevention reports.

Keywords: Human factors. Flight safety. maintenance.

INTRODUÇÃO

A preocupação com a segurança de voo faz parte da rotina dos aeródromos, aeroportos e hangares de manutenção, já que, este tema integra uma importante parte das operações aéreas existentes mundialmente. Para se obter índices cada vez menores de acidentes aéreos, existe todo um planejamento pelos órgãos responsáveis, envolvendo todos mantenedores e pessoas que trabalham com a aviação, como: controladores de tráfego aéreo, pilotos, mecânicos e tripulação, até o pessoal que auxilia indiretamente na aviação. Atualmente, os fatores humanos são levados bastante em consideração, devido o aumento significativo de acidentes causados por erro humano. As causas dos acidentes aéreos com influências humanas são fatores que preocupam toda sociedade internacional de segurança de voo.

De acordo com um levantamento feito pelo CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, entre 2006 e 2015, foram registrados 1294 acidentes, sendo que em média, ocorreram 130 acidentes por ano. Contudo, o maior pico de acidentes ocorreu em 2012 e o menor pico em 2006, onde apresenta uma pequena diminuição nos últimos quatro anos. Já o número de incidentes graves foi registrado, dentro do mesmo período, 526 ao todo, uma média de 53 por ano, contendo um maior número de ocorrências em 2012 e um menor número em 2007. Na grande maioria desses acidentes, os fatores humanos são as principais causas influenciadoras. Todos os elementos coletados pelo CENIPA são separados por tipo de acidentes e regiões, servindo para fornecer além de laudos técnicos, dados para auxiliar os profissionais da aérea de segurança da aviação, no sentido de dar um direcionamento nas tomadas de decisões, além de auxiliar nas soluções assumidas para impedir futuros acidentes aeronáuticos [1].

As medidas adotadas pelos profissionais da área de segurança devem estar em constante evolução, pois à medida que vão ocorrendo os acidentes, aparecem novos desafios, que exigem alcances mais profundos com relação a segurança. O desafio, agora, é desacelerar os índices crescentes de acidentes por erros humanos e descobrir meios de melhorar a atuação dos profissionais, de forma a trabalhar uma consciência de segurança de voo. Este estudo acadêmico vem aprofundar e melhorar etapas da segurança operacional da aviação, deixando os profissionais envolvidos um passo a frente das situações que poderiam causar incidentes graves ou até mesmo acidentes fatais [2].

O presente trabalho acadêmico tem, também, como temática, um estudo sobre segurança de voo, os riscos gerados pelos fatores humanos dentro da manutenção, visando esclarecer os fatores de risco, a metodologia na prevenção de acidentes e como os fatores humanos influenciam na segurança de modo geral. Sabe-se que o ambiente de manutenção aeronáutica, pela alta complexidade e perícia das intervenções mecânicas, torna elevadas as possibilidades de erros humanos, podendo causar assim, tanto um incidente como um acidente aeronáutico envolvendo operadores ou não. Para isso, existem algumas medidas adotadas em aeródromos e hangares de manutenção que são utilizadas para atenuar esses possíveis erros.

Para eficácia e credibilidade do trabalho, foram coletados dados de uma pesquisa qualitativa, em vários relatórios de acidentes aeronáuticos e através destes, será realizada uma análise visando a correção das falhas dos métodos utilizados atualmente, conhecendo os principais fatores influenciadores, gerando uma política de prevenção.

METODOLOGIA

A manutenção está diretamente ligada ao princípio de que os fatores humanos influenciam a segurança de voo, seja em qualquer empresa, desde a manufatura da peça indo até o gerenciamento de cabine. Através de pesquisa, em diversos relatórios de investigação de acidentes, gerados pelo CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, serão identificados os principais fatores humanos que colocam em risco a aviação e que podem afetar a segurança de voo. A partir desses dados, será feita uma análise para verificar os principais pontos em que a segurança é afetada, juntamente com os procedimentos para prevenir futuros erros humanos a fim de aplicar-se uma metodologia de trabalho segura e consciente na manutenção aeronáutica. O trabalho visa de forma preventiva, auxiliar as empresas no gerenciamento dos recursos humanos, seja através de palestras, treinamentos ou intervenção direta no modo de trabalho.

OBJETIVO

Mostrar e identificar os principais riscos gerados pelos fatores humanos na segurança de voo, durante a manutenção de aeronaves. Abordar de forma sistêmica e objetiva o gerenciamento dos riscos, a sua prevenção e métodos de treinamentos.

DESENVOLVIMENTO

Atualmente, os meios de transportes aéreos se comparados aos meios terrestres são mais seguros e oferecem uma maior comodidade, porém quando ocorrem acidentes, comovem uma grande parte da sociedade e especialistas da área, provocando uma busca concreta a respeito de suas causas. De acordo com as investigações do CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), os acidentes por falhas mecânicas têm diminuído, mas os fatores por falhas humanas não seguem o mesmo curso, aumentando consideravelmente ao invés de decair.

As condições de trabalho e fatores físicos e psicológicos estão diretamente ligados à correta manutenção das aeronaves. Segundo pesquisas, é de suma importância a confiança e a troca de informações a respeito de tudo o que ocorre na manutenção, bem como assumir responsabilidades por toda intervenção feita em uma aeronave e se precaver das violações em um espaço de manutenção [3]. O objetivo é sempre a melhoria e explanação de ideias a fim de evitar erros causados pelos fatores humanos. Nas últimas décadas, os fatores humanos têm sido amplamente estudados, pois estes têm influenciado negativamente na segurança operacional.

Aproximadamente 15% dos acidentes fatais envolvendo aeronaves da aviação geral têm fatores técnicos como causas principais, enquanto que, quase três quartos dessas ocorrências tiveram a operação e manutenção como fator contribuinte mais relevante - Air Safety Institute (2013) [4].

Os erros humanos na manutenção aeronáutica abrangem uma das principais causas de acidentes na aviação. Nota-se que a influência de fatores materiais, ligados a falhas mecânicas, vem diminuindo significativamente nas últimas décadas, enquanto que, a influência de erros humanos continua em patamares elevados. Quando ocorrem novas análises de dados da aviação e estas mostram que os índices de acidentes têm diminuído, deve-se levar em consideração a melhoria de vários fatores humanos dentro da manutenção, tendo em vista que, o conhecimento desses fatores humanos deve ser de forma ampla e proativa, fazendo com que sempre a segurança de voo esteja à frente dessas interferências humanas prejudiciais. É importante também que, por proação¹, o conhecimento dos fatores humanos deve ser aplicado e integrado durante as fases de certificação do pessoal operacional (mantenedores e tripulantes) [5].

A aplicação do estudo científico das analogias entre homem e máquina, propondo a uma segurança e eficácia no modo como se interagem, tem melhorado a eficiência do trabalho consideravelmente se

confrontarmos aos fatores humanos. Deve-se continuamente aplicar os conhecimentos diários adquiridos na atualização dos profissionais envolvidos, como mecânicos, pilotos, comissários e todos que realizam algum serviço aeroviário, a fim de, atuarem com consciência em prol da segurança do voo. O processo de identificação de fatores que influenciam negativamente à segurança de voo passa por estes estudos realizados, onde a investigação ao identificar as causas possíveis, trata de encontrar uma maneira de extinguir estes fatores, através de melhorias no processo de atuação dos profissionais envolvidos. É de grande importância que todo estudo realizado e as melhorias no processo sejam expandidas ao maior número de pessoas envolvidas possíveis, a fim de criar uma consciência de segurança operacional [6].

Todas as aeronaves são projetadas para voar com segurança por tempo ilimitado, desde que sua manutenção seja realizada com perícia, observando suas inspeções periódicas, encontrando possíveis panes. A detecção das falhas com antecedência, antes de se tornar arriscado a operação da aeronave, faz com que seja realizada uma manutenção adequada e preventiva, resguardando o componente de panes mais severas, que tornaria, também, menos financeiramente viável devido aos altos custos de materiais aeronáuticos [6].

Não é novidade que diversos fatores humanos influenciam na segurança da aviação e na engenharia aeronáutica. Entretanto, os erros também são comuns em outras áreas, podendo ter influências negativas nas indústrias, na construção civil, na engenharia naval, entre outras, cada uma com sua especificidade e atuação. Todavia, todas têm algo em comum, que é a busca incessante pela segurança e meios de diminuir acidentes causados por fatores humanos. A expressão, fatores humanos, tem vários conceitos, entre eles o DOC 9683 refere-se como:

“Fatores humanos é uma expressão que ainda há de definir-se claramente, dado que quando tais palavras são utilizadas na linguagem cotidiana normalmente se referem a qualquer fator relacionado aos seres humanos. O elemento humano é a parte mais flexível, adaptável e valiosa do sistema aeronáutico, mas é também a mais vulnerável a influências que podem afetar negativamente seu comportamento”. (TISSOT APUD DOC9683, 1998, p17).

Pode-se observar que os erros humanos na aviação são influenciados pelos fatores humanos, que estão enquadrados desde a parte do cansaço físico até o desgaste mental, onde o profissional da área submetido a pressões psicológicas devido à agilidade da operação acaba cometendo erros que podem ser irreversíveis e até fatais. O erro humano pode ter diversas variáveis que são causadores de acidentes aéreos: a má capacitação profissional da pessoa envolvida, o descumprimento de ordem técnicas relativas à atividade realizada e o despreparo para o serviço solicitado. Por isso, a importância de numa investigação de acidentes aéreos realizarem as primeiras análises por fatores onde se tem a atuação humana. Na verdade, a visão de segurança atualizada sugere que o erro humano deve ser o ponto de partida na investigação e prevenção de acidentes, não é regra, mas facilitará o processo de investigação [7].

ESTUDOS DE CASOS

Através de uma apreciação feita em vários acidentes relatados e documentados pelo CENIPA, entre janeiro de 2014 a fevereiro de 2017, pode-se concluir que os erros humanos têm maior potencialidade para afetar a segurança de voo em comparação com as falhas técnicas ocorridas [8].

Em Junho de 2014, em Itaipava-SP, uma aeronave de modelo EMB-810C, da Embraer, sofreu um acidente por falta de combustível. Todos os envolvidos sobreviveram, porém, causando grandes danos a aeronave. Os fatores contribuintes foram: indisciplina de voo, julgamento de pilotagem e planejamento de voo, todos erros humanos [9].

Em 29 de Janeiro de 2015, em Boa Vista-RR, uma aeronave modelo 182D da fabricante CESSNA AIRCRAFT sofreu um acidente ao colidir com fios de alta tensão. Todos sobreviveram, sendo que a aeronave

sofreu danos substanciais. Nesta situação, a aeronave estava com certificado de aero navegabilidade cancelado e inspeção anual de manutenção vencida. Acidente causado por negligência humana [10].

Em 10 de março de 2015, na cidade do Rio de Janeiro-RJ, um helicóptero do modelo R22 da fabricante ROBINSON HELICOPTER sofreu um acidente por perda de componente em voo. Na investigação, notaram que a ponta de umas das pás do rotor de cauda havia se soltado. Este elemento do rotor é essencial para manter a aeronave estável em voo sem entrar em autorrotação¹. Foi realizado um pouso forçado, e todos saíram ilesos do acidente. A aeronave estava com toda documentação e manutenção em dia, sendo que os fatores contribuintes para o acidente foram a aplicação de comandos e, também, perda das propriedades mecânicas do adesivo (TIPCAP) que ocorreu ao longo do tempo de operação desde a sua montagem inicial. Inicialmente, não se nota influência de fatores humanos neste acidente, porém a falta de inspeção por parte dos mantenedores na ponta da pá, onde se soltou o adesivo contribuiu indiretamente para o acidente [11].

Em 06 de abril de 2015, na cidade de Maringá-PR, uma aeronave AB-115, da fabricante AERO BOERO, sofreu um acidente quando o piloto tentava realizar um pouso. Houve perda de controle da aeronave, a mesma vinda a pilonar². Não houve feridos. Os possíveis fatores contribuintes foram: instrução, julgamento de pilotagem, pouca experiência do piloto, e supervisão gerencial. Todos estes fatores possuem influência humana [12].

Em 11 de junho de 2015, na cidade de Goiânia-GO, uma aeronave modelo 172^a, da fabricante CESSNA AIRCRAFT, após um toque e arremetida, ocorreu uma falha em motor, forçando o piloto a realizar um pouso forçado. Após investigações, foi concluído que a causa do acidente foi pane seca. Um dos fatores contribuintes foi o mal planejamento do voo. Acidente causado também por influência humana [13].

Em 14 de novembro de 2016, na cidade de Triunfo-RS, uma aeronave no modelo A188-B da fabricante CESSNA AIRCRAFT sofreu acidente quando o piloto tentava realizar um pouso. O piloto notou que houve um súbito abaixamento da asa esquerda, vindo o trem de pouso a quebrar. Este acidente teve vários fatos que influenciaram, além de toda documentação de navegabilidade do piloto estar irregular, a manutenção periódica da aeronave estava vencida desde 16 de janeiro de 2016. Já neste caso, um fator humano, a falta de manutenção, influenciou veementemente para o acidente, já que se tivessem realizado a manutenção em seu prazo estabelecido, possivelmente evitaria este acidente [14].

Em 08 de fevereiro de 2017, na cidade de Caravelas-BA, uma aeronave no modelo 210R da fabricante CESSNA AIRCRAFT saiu da pista e veio a colidir com uma cerca de isolamento do aeródromo. Durante a investigação, foi observado que havia uma desconexão na linha de alimentação hidráulica, causando assim o vazamento de todo o fluido hidráulico da aeronave, como consequência o trem de pouso da aeronave não travou, forçando a mesma a realizar um pouso forçado ocasionando o acidente. Um dos fatores contribuintes foi também a falta da devida manutenção [15].

Como se pode observar nos casos relatados acima existe uma forte influência de vários fatores humanos, desde o mal planejamento do voo à supervisão gerencial. Ao analisar estes e vários outros relatórios do CENIPA, observa-se o que já foi citado que as primeiras medidas tomadas na investigação começam pela parte humana propriamente dita, iniciando pela documentação do piloto até os relatórios de voo e de manutenção [16].

Nota-se que através destas análises os principais fatores humanos contribuintes destacados [6]:

- Erros de manutenção e inspeção;
- Julgamento de pilotagem;
- Equipes envolvidas diretamente na manutenção não seguiram os procedimentos das devidas ordens técnicas específicas da aeronave em manutenção;
- Planejamento do voo;
- Supervisão gerencial.

Os fatores pertinentes acima, na maioria das vezes, têm elos entre si, causando uma sequência de erros e situações problemáticas que acabam se direcionando aos acidentes aéreos. Os erros causados na manutenção nem sempre são descobertos no primeiro instante, após um giro de inspeção. Geralmente se manifesta como uma discrepância não intencional da aeronave, como falha técnica ou degradação física, que inicialmente são atribuídas à ação do tempo ou de decorrência normal do desgaste e funcionamento do sistema. Entretanto, com uma averiguação técnica, encontram-se as falhas, e comumente essas falhas tem ligações com os fatores humanos [17].

Na manutenção, o erro humano acontece de duas formas básicas. No primeiro caso, a falha procede de um problema peculiar da aeronave que não existia antes que a tarefa de manutenção se iniciasse. Sempre no processo de manutenção em aeronave existe a possibilidade para erro humano, que pode derivar em uma discrepância indesejada na aeronave. Alguns exemplos dessas discrepâncias são: a inversão de cabos de comandos e o esmagamento de conexões elétricas depois de reinstalados os equipamentos. O segundo caso seria a análise equivocada de uma condição não desejada, realizada em uma inspeção periódica, como por exemplo, numa inspeção visual dos pinos do comando de voo, passando despercebida uma trinca, que pela ordem técnica pertinente seria inadmissível. Estes erros podem ter sido causados por vários motivos, tais como capacitação ineficiente do profissional, pressões psicológicas no

trabalho, má supervisão gerencial. Todos estes fatores ligados à ação humana na manutenção [6].

Assim, vimos como os fatores humanos podem influenciar na segurança de voo de uma aeronave, partindo-se desde a manutenção, onde é o princípio em que se deve quebrar o elo. O termo Segurança de Voo derivou-se da expressão Flight Safety. O significado deste termo nada mais é do que: realizar o voo de uma aeronave sem acidentes ou incidentes [18].

Em todos os ambientes empresariais, a segurança de voo deve ser considerada como um investimento, tal como a segurança do trabalho é vista hoje em dia. A capacidade de operação de uma empresa depende da saúde de seus funcionários, se algum deles sofre acidente, a empresa terá que arcar com despesas médicas, psicológicas entre outras. Assim, a Segurança de Voo deve ser observada, uma manutenção da precaução contra acidentes aéreos, que além de envolver custos adicionais, pode colocar a vida de inúmeras pessoas em risco. A figura abaixo apresenta o quantitativo de acidentes ocorridos entre 2006 e 2015 [18].

Figura 1: Ocorrências aeronáuticas entre 2006 a 2015



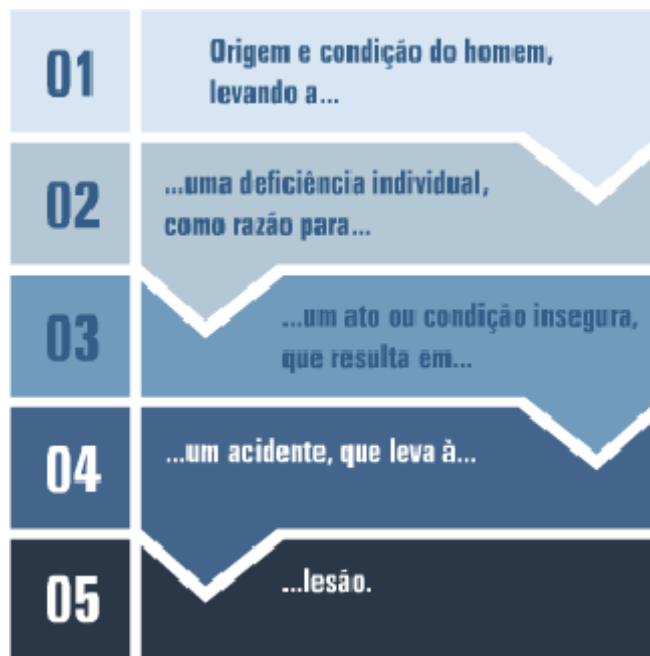
Fonte: CENIPA- Panorama de Ocorrências aeronáuticas 2016 (p.13)

De acordo com a International Civil Aviation Organization (ICAO) os fatores humanos são: o estudo das capacidades e das limitações humanas oferecidas pelo local de trabalho, a interação entre o homem e os equipamentos utilizados, os procedimentos escritos e verbais, as regras que devem ser seguidas, as condições ambientais ao seu redor e as interações com as outras pessoas. Esses fatores citados acima podem influenciar de maneira negativa a saúde do indivíduo, afetando assim o seu modo de trabalho, seja por estresse ou qualquer outro sentimento gerado em que possa implicar na segurança do trabalho [19].

Para explicar como acidentes podem ocorrer, utiliza-se o modelo de Heinrich, conhecida popularmente como Efeito Dominó, é também conhecido como Teoria da Causa Única, devido à contribuição predominante da falha humana no processo. Esta teoria fala de como as peças ou fatos vão se alinhando, de maneira que quando uma peça cai, todas as outras irão juntas, ou seja, não é apenas um fator que causa um acidente, mais sim um conjunto de variáveis que por algum motivo não foram removidas. De maneira lógica, ao pensar que ao retirar uma peça dessa fileira de dominó, não acarretaria o desfecho final. Este é o papel da Segurança de Voo. Por meio dessa metáfora, retirar a peça da fileira de dominós, seja por meio de cursos, elevação da

capacidade cognitiva do indivíduo, a motivação, a melhora do ambiente de trabalho e a conscientização da importância deste assunto [18].

Figura 2: Teoria de Heinrich



Fonte: Curso básico de prevenção de acidentes aeronáuticos – CENIPA(2015)

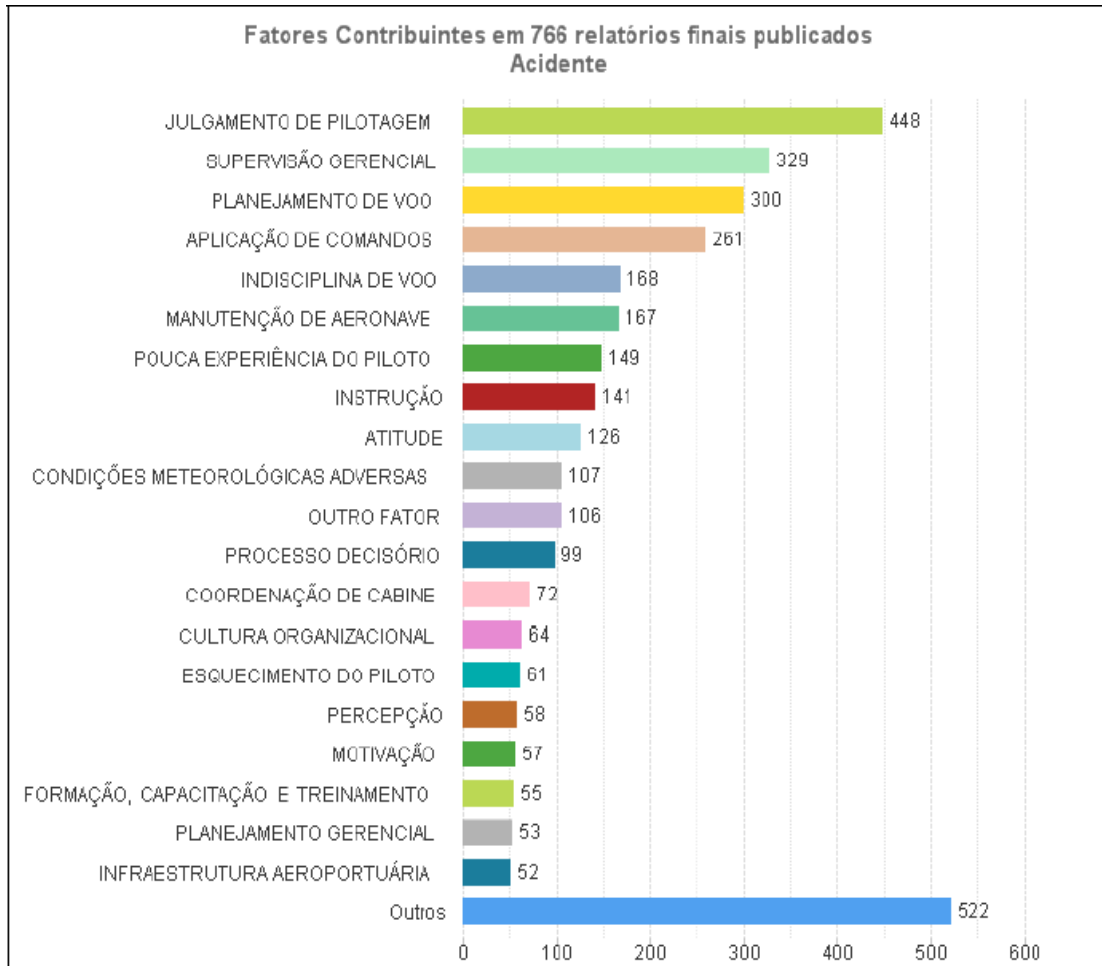
No Brasil, o órgão responsável pela investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos é o CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes). É uma organização do Comando da Aeronáutica prevista pelo Decreto n 6.834, de 30 de abril de 2009, cuja finalidade é planejar, gerenciar, controlar e executar as atividades relacionadas com a prevenção e investigação de acidentes aeronáuticos [20].

Através disto, o CENIPA utiliza-se por meio de reportes voluntários de ocorrências que podem vir a provocar um acidente ou incidente. Os instrumentos que contribuem significativamente para a mitigação das ocorrências aeronáuticas: Relatório de Prevenção (RELPREV), Relatório ao CENIPA para a Segurança de Voo (RCSV), reportes de Risco da Fauna e do Risco Baloeiro [20].

Na maioria das empresas aéreas, inclusive no meio militar, a promoção de segurança é apoiada no uso facultativo e integrado de Relatórios de Prevenção (RELPREV), que por meio destes consegue identificar possíveis falhas futuras e podem ser úteis para o aprendizado organizacional [21].

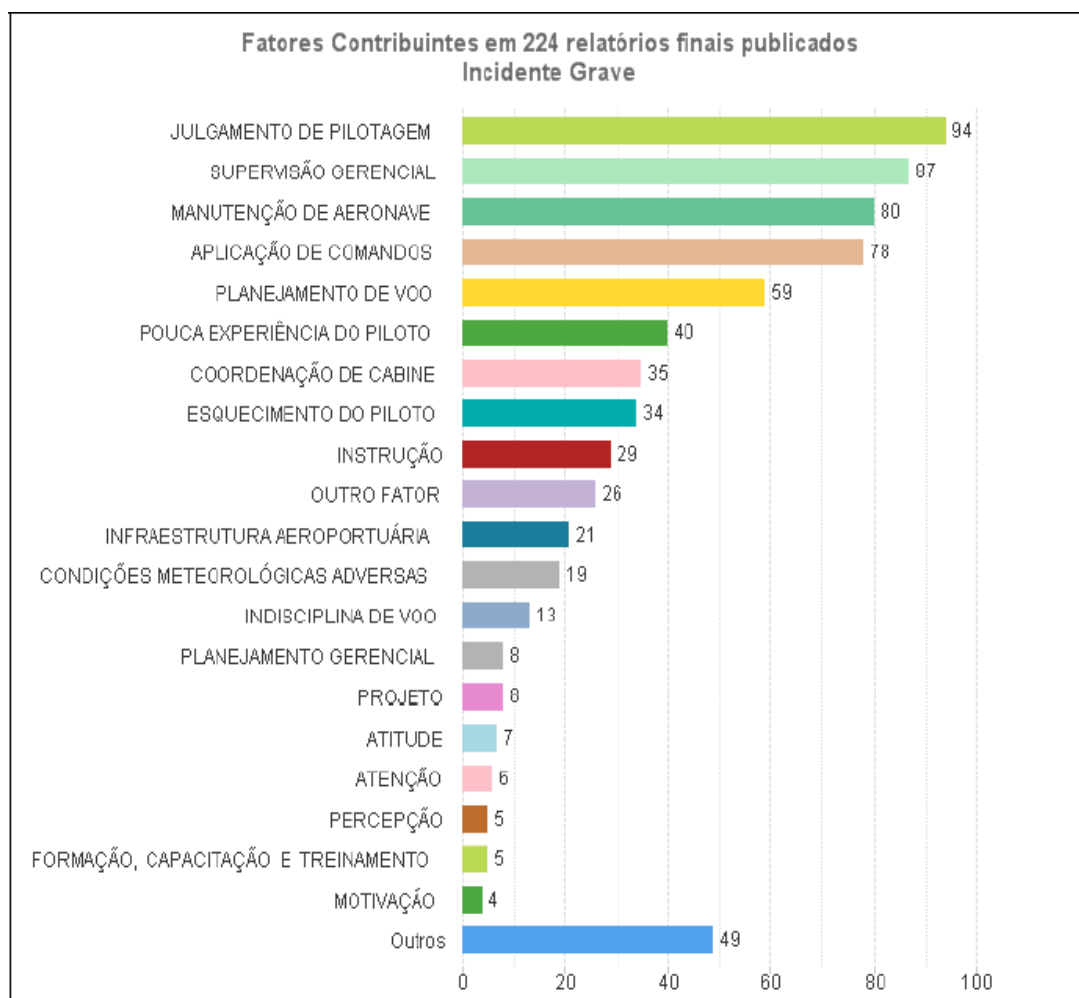
O fator humano na manutenção é um dos casos a serem estudados, pois a partir de seus atos, acidentes futuros podem ocorrer. Nas figuras abaixo, pode-se observar o percentual de fatores contribuintes identificados em investigações de acidentes e incidentes aeronáuticos, ocorridos entre 2006 e 2015 [3].

Figura 3: Percentual de fatores contribuintes identificados em investigações de acidentes aeronáuticos, ocorridos entre 2006 e 2015



Fonte: CENIPA- Panorama de Ocorrências aeronáuticas 2016 (p.31)

Figura 4: Percentual de fatores contribuintes identificados em investigações de incidentes graves, ocorridos entre 2006 e 2015



Fonte: CENIPA- Panorama de Ocorrências aeronáuticas 2016 (p.32)

Os dados foram retirados de relatórios finais, feitos após toda a investigação do acidente ou incidente pelo CENIPA. Em ambas as figuras acima mostram um elevado índice de acidente ou incidente grave causado devido à manutenção de aeronave [1].

Segundo a International Civil Aviation Organization (ICAO), o elemento humano é “a parte mais flexível, adaptável e valiosa dentro do sistema aeronáutico, mas é também a que está mais vulnerável às influências externas que poderão vir a afetar negativamente o seu desempenho” [2].

Devido a estes índices, é necessário investir na segurança de voo a partir da manutenção, pois os fatores humanos estão ligados diretamente à uma má manutenção; como despreparo técnico, falta de motivação, estresse e até mesmo o reconhecimento por parte do empregador, pode contribuir de maneira positiva ou negativa. É necessário um treinamento competente para abranger todo o sistema [3].

Recomendações da ICAO para um treinamento efetivo

Através dos anos, podemos acompanhar acidentes relacionados aos erros de pilotos por meio de gerenciamento de cabine ou até mesmo por causa do controle de tráfego aéreo. Esses acidentes podem ter ocorrido em virtude de uma escolha errada do piloto, um procedimento não eficaz, uma falha de comunicação entre controle e piloto ou até mesmo por questões de orgulho, não seguindo os procedimentos corretos após uma falha no avião. Nesses fatos, sempre as pessoas envolvidas estão presentes, porém o erro gerado pela manutenção faz com que a falha muitas vezes não ocorra na hora, mas sim, dias ou meses após, observado no relatório final do CENIPA [2].

Constata-se no relatório, conforme ANEXO A – Relatório Final Simplificado [22], que o incidente ocorreu muito tempo depois da referida manutenção. O motor estava com 842 horas e 08 minutos voadas após a última revisão geral e 13 horas e 20 minutos voadas após a última Inspeção Anual de Manutenção. É necessário prevenir através de treinamentos técnicos e motivacionais, pois a segurança de voo depende do correto manutenção das aeronaves.

Para cada setor da aviação, seja para tripulação, controladores de tráfego aéreo ou técnicos de manutenção existe certo tipo de treinamento, isso é ditado em normas internacionais. Antigamente, o treinamento para a manutenção de aeronaves baseava-se no Gerenciamento de Recursos de Tripulantes (CRM), porém por ser diretamente ligado ao gerenciamento de cabine, cujo público alvo são os tripulantes da aeronave, o CRM não foi aceito na aplicação aos técnicos de manutenção [2].

Algumas práticas internacionais são distintas no que se refere à aplicação do treinamento, pois são fatores relacionados à cultura do local, fisiologia, ergonomia, ciências sociais e ciências comportamentais. Outros fatores também influenciam como: o conhecimento a respeito do assunto e a formação profissional [2].

O curso a ser ministrado é de total responsabilidade da empresa de manutenção, esta porém, pode desenvolver seu próprio curso ou contratar uma instituição para a formação adequada de seus mantenedores. O treinamento deve ser realizado para todos os setores da manutenção[2]:

- Pessoal de Gestão (superior, médio e supervisório);
- Investigadores de Acidentes / Incidentes;
- Inspetores de Manutenção;
- Instrutores de Segurança de Voo;
- Engenheiros de Programas de Planejamento e Manutenção;
- Engenheiros de Manutenção Aeronáutica (AME) e Mecânica;
- Pessoal de Controle de Qualidade;
- Suprimento;
- Compras;
- Operadores de Equipamentos Terrestres.

O treinamento de pessoal não deve ser tratado de maneira que seja desprezado pelos seus discentes. Alguns tópicos são considerados na norma internacional, como por exemplo[2]:

- Deve ser visto como importante pelo público alvo;
- Demonstrar a sua importância e as mudanças devido à sua aplicação;
- O instrutor deve estar aberto para críticas, de forma a melhorar as técnicas de treinamento;
- E demonstrar as diferenças de habilidade e experiência.

O conhecimento dos ouvintes deve ser levado em conta, pois será isto que determinará o foco do treinamento. Para uma formação adequada, deve-se seguir os tópicos conforme recomendação internacional [2]:

- Clareza na aprendizagem teórica e prática entre instrutor e instruendo;
- Utilização de *briefing*¹, *debriefing*² e exercícios práticos;
- Aprendizagem baseada na experiência no decorrer do cotidiano, utilização de exercícios em grupo; e
- Habilidade, conhecimentos necessários.

Seguindo esses conceitos, o curso a ser ministrado, deve gerar interesse por parte de todos. O instrutor deve ser motivado para que seus alunos demonstrem interesse em colocar em prática os assuntos abordados.

Uma das maneiras de se elevar a consciência situacional, condição em que seus mantenedores e tripulação fiquem mais atentos, é através do curso de MRM (Maintenance Resource Management). Esse curso tem como foco abordar assuntos do cotidiano relacionados à aviação em geral e fatos ocorridos na organização. Cada empresa pode criar seu modo operante, técnicas que englobe discussões e atividades em grupo, despertando assim o interesse de seus ouvintes [6].

O Gerenciamento de Recursos de Manutenção é um método que visa melhorar a comunicação, a eficácia no trabalho realizado reduzindo assim os erros de manutenção e a segurança nas operações de manutenção. O MRM é usado também para mudar a cultura de segurança da empresa, ou seja, permite que o indivíduo tenha um pensamento positivo a respeito do assunto, fazendo com que não tenha receio de reportar erros durante a manutenção, pois o reporte não terá caráter punitivo e sim para que sirva de contribuição com a segurança aeronáutica. O curso melhora não só a parte psicológica dos funcionários, mas também aumenta a interação entre eles, valorizando, assim, o fluxo das informações [6].

O segredo para um programa bem-sucedido começa pela motivação e a vontade de se querer realizá-lo. Deve ser visto como algo bom e único pelos seus ouvintes e apoiado pelos seus administradores [6].

¹ Ato de dar informações e instruções concisas e objetivas sobre missão ou tarefa a ser executada

² Reunião onde se reporta a execução de uma tarefa qualquer.

RESULTADOS

Após análise de inúmeros Relatórios Finais gerados pelo CENIPA e pesquisas em artigos chega-se aos resultados que iremos mostrar adiante.

Os fatores humanos são os principais causadores de acidentes e incidentes aeronáuticos. Alguns são identificados instantaneamente, pois a decisão da tripulação mediante a uma falha do equipamento pode ocasionar o acidente [4]. Ao contrário, o erro na manutenção ou a falha de um processo na fabricação, muitas vezes só será identificado após anos de utilização da aeronave.

Portanto, é necessário que a empresa invista na prevenção, e um dos métodos mais simples é a confecção de relatórios de prevenção, os quais, fazem com que os mantenedores, tripulações, controladores de tráfego aéreo e todos os envolvidos, direta ou indiretamente com a aviação, estejam com sua consciência situacional elevada, garantindo assim que não haja prejuízo material e o mais importante, às vidas [21].

As empresas que investiram em CRM e MRM, assim também no meio militar, obtiveram um aumento significativo de reportes voluntários e, conseqüentemente, uma queda nos índices de ocorrências com aeronaves. É primordial que as empresas estejam atentas à motivação de seus funcionários, pois um mecânico ou piloto sem o comprometimento adequado pode acarretar falhas no seu julgamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo, através de pesquisas em artigos e documentos aeronáuticos, possibilitou uma análise de como os procedimentos de segurança adotados cotidianamente são de suma importância para se antecipar a qualquer tipo de situação dentro de hangares, oficinas de manutenção e aeródromos, que possa ocasionar um incidente ou até mesmo um acidente aéreo. Além disso, também, permitiu uma pesquisa de campo, onde se obteve dados relativos aos principais fatores contribuintes, fatores humanos influenciadores e métodos capazes de diminuir os riscos a aviação.

Ao levantar dados do CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, relacionados à aviação, investigando as causas dos acidentes, observa-se uma grande influência humana nos possíveis erros, tanto na manutenção como na operacionalidade da aeronave em questão. Então, conclui-se que os processos de segurança de voo não foram devidamente realizados, ou existiu uma quebra de sequência por parte de algum militar envolvido ocasionando os acidentes investigados.

Os métodos de treinamento visando à segurança de voo que foram analisados e estabelecidos pelos órgãos responsáveis se mostram efetivos até certo momento, pois a sequência de repetições dos procedimentos adotados traz um excesso de confiança ao operador, tornando ineficaz a segurança de todo um trabalho, uma vez que essa confiança excessiva faz com que o mesmo operador deixe de utilizar processos importantes como, as consultas as ordens técnicas entre outros, devido à confiança na memória ou pelo aumento da experiência profissional. Os métodos de treinamentos voltados à segurança operacional defendem justamente o contrário, que independente do quanto conheça o processo, do quanto sejam experientes profissionalmente, deve-se seguir à risca todas as etapas de segurança, evitando assim, possíveis erros humanos ligados à quebra sequencial. Então, a importância do assunto, torna-se necessário o desenvolvimento de formas de se evitar possíveis quebras de sequência devido o excesso de confiança. Uma das formas discutidas por esse trabalho acadêmico seria a realização semanais de reuniões de operadores para se discutir possíveis incidentes e fatos ocorridos tanto no voo como na manutenção rotineira, tendo como objetivo único, transparecer quais fatores contribuíram para o incidente, como as ações corretivas a serem tomadas para se evitar posteriores acidentes.

Nesse sentido, observa-se que a utilização correta de métodos de segurança se torna extremamente necessário, mantendo assim uma operação aérea sólida e segura tanto em voo, nos translados aéreos, como no solo, nos ambientes de manutenção. Conseqüentemente, com a evolução das tecnologias que envolvem a aviação, é necessário que os órgãos que tratam da segurança em voo evoluam na mesma proporção ou até mesmo esteja mais a frente, para que os artifícios usados para manter a aviação segura sejam suficientes para assegurar a integridade física dos que utilizam da aviação.

REFERÊNCIAS

- [1] FCA58-1 OCORRÊNCIAS AERONÁUTICAS. Cenipa. Comando da Aeroáutica. **Ocorrências Aeronáuticas: Panorama Estatístico da Aviação Brasileira**. 2016. Disponível em: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/panorama_2016.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.
- [2] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9824AN/450**. Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance Manual. Montreal, Canadá: Atc Training, 2003. 147 p.
- [3] BOTTO, Livia Cardoso Junqueira. Reconhecimento no trabalho: relevância para a saúde e segurança na atividade aérea. **Conexão Sipaer**, Rio de Janeiro, Rj, v. 6, n. 1, p.43-47, abr. 2015.
- [4] BAUER, Rosana Conceição. A DISSONÂNCIA COGNITIVA, NA BASE DOS ERROS HUMANOS E DOS ERROS DO SISTEMA. **Conexão Sipaer**, Brasília, Df, v. 4, n. 2, p.103-128, mar. 2013.
- [5] LIMA, Renato; RIBEIRO, Selma Leal de Oliveira. REPORTE DE ERROS E VIOLAÇÕES NA AVIAÇÃO: A AVALIAÇÃO DE CONDUITAS INACEITÁVEIS. **Conexão Sipaer**, São José dos Campos, Sp, v. 4, n. 2, p.6-24, mar. 2013.
- [6] ICAO -HUMAN FACTOR TRAINING MANUAL, 1998, Montreal. **Doc 9683- AN/950**. Montreal, Canada: Atc Training, 1998. 302 p.
- [7] SERRA, Paulo Roberto Serra. Fatores Humanos em manutenção de aeronaves. IPEV, São José dos Campos, SP, v.1, n.9, p.46-54, set.2004.
- [8] TISSOT, Izabela. Fatores humanos na aviação civil. **ANAC - Carta de Segurança Operacional**, São Paulo, Sp, v. 5, n. 1, p.5-6, maio 2014.
- [9] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeronáutica. Relatório Final SIMPLIFICADO: A115/CENIPA/2014. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/51596/PTESM>>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- [10] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeronáutica. RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO: A-014/CENIPA/201. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/52982/PTBMR>>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- [11] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeronáutica. RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO: IG-035/CENIPA/2015. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/53152/PTYPB>>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- [12] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeronáutica. RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO: A-056/CENIPA/2015. 2015. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/53198>>. Acesso em: 31 mar. 2017.
- [13] BRASIL. CENIPA. . RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO: A-086/CENIPA/2015. 2015. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/53324/PTBHC>>. Acesso em: 31 mar. 2017.
- [14] BRASIL. CENIPA. . RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO: A-149/CENIPA/2016. 2016. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/66048/PRLFA>>. Acesso em: 31 mar. 2017.
- [15] BRASIL. CENIPA. . RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO: A-025/CENIPA/2017. 2017. Disponível em:

<<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/66394/PRORL>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

[16] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeroáutica. **O que é investigação?** 2017. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/investigacoes>>. Acesso em: 15 maio 2017.

[17] COMMITMENT, Corporate Safety Culture. **Operator's: Flight Safety Handbook**. 2000. Disponível em: <https://flightsafety.org/files/OFSH_english.pdf>. Acesso em: 15 maio 2017.

[18] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeroáutica. **CURSO BÁSICO DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS**. Brasília: Anac, 2014. 140 p.

[19] LIMA, Gustavo Pedro Vieira; SILVA, Tammyse Araújo da. Fatores Humanos no Gerenciamento da Segurança Operacional. **Conexão Sipaer**, Goiânia, Go, v. 7, n. 1, p.13-24, jan. 2016.

[20] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeroáutica. **Missão**. 2017. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/missao>>. Acesso em: 22 maio 2017.

[21] SOUZA, Fernanda Evelin Camarço de; SOUZA, Amilton Barreira de. O processo educativo envolvido na implantação do Corporate Resource Management na Gol Linhas Aéreas Inteligentes. **Conexão Sipaer**, São Paulo, Sp, v. 6, n. 1, p.29-34, abr. 2015.

[22] BRASIL. CENIPA. Comando da Aeroáutica. **Relatório Final Simplificado**. 2014. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/52945/PTBQD>>. Acesso em: 29 maio 2017.

ANEXO A – Relatório final simplificado



COMANDO DA AERONÁUTICA CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS



ADVERTÊNCIA

O único objetivo das investigações realizadas pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) é a prevenção de futuros acidentes aeronáuticos. De acordo com o Anexo 13 da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), da qual o Brasil é país signatário, o propósito desta atividade não é determinar culpa ou responsabilidade. Este Relatório Final Simplificado, cuja conclusão baseia-se em fatos, hipóteses ou na combinação de ambos, objetiva exclusivamente a prevenção de acidentes aeronáuticos. O uso deste Relatório Final Simplificado para qualquer outro propósito poderá induzir a interpretações errôneas e trazer efeitos adversos à Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Este Relatório Final Simplificado é elaborado com base na coleta de dados, conforme previsto na NSCA 3-13 (Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro).

RELATÓRIO FINAL SIMPLIFICADO

1. Informações Factuais

1.1. Informações Gerais

1.1.1 Dados da Ocorrência

DADOS DA OCORRÊNCIA			
Nº DA OCORRÊNCIA	DATA - HORA	INVESTIGAÇÃO	SUMA Nº
214/A/2014	30/DEZ/2014 - 20:00 (UTC)	SERIPA IV	A-214/CENIPA/2014
CLASSIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA	TIPO DA OCORRÊNCIA	COORDENADAS	
ACIDENTE	FALHA DO MOTOR EM VOO	20°08'37"S	055°11'38"W
LOCALIDADE	MUNICÍPIO	UF	
PONTE DO GREGO	AQUIDAUANA	MS	

1.1.2 Dados da Aeronave

DADOS DA AERONAVE		
MATRÍCULA	FABRICANTE	MODELO
PT-BQD	BEECH AIRCRAFT	N35
OPERADOR	REGISTRO	OPERAÇÃO
PARTICULAR	TPP	PRIVADA

1.1.3 Pessoas a Bordo / Lesões / Danos Materiais

PESSOAS A BORDO / LESÕES / DANOS À AERONAVE							
A BORDO		LESÕES					DANOS À AERONAVE
		Ileso	Leve	Grave	Fatal	Desconhecido	
Tripulantes	1	1	-	-	-	-	Nenhum
Passageiros	1	1	-	-	-	-	Leve
Total	2	2	-	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> Substancial
Terceiros	-	-	-	-	-	-	Destruída
							Desconhecido

2. Histórico do voo

A aeronave decolou do aeródromo da Fazenda Bandeirantes (SJDx), no município de Aquidauana, MS, com destino ao aeródromo da Estância Teruel Ipanema (SSIE), no município de Campo Grande, MS, com um piloto e um passageiro a bordo.

Quinze minutos após a decolagem houve uma falha de motor, acarretando um pouso forçado em uma área de campo no município de Aquidauana, MS.

A aeronave teve danos substanciais.

O piloto e o passageiro saíram ilesos.



Figura 1 – Visão frontal da aeronave após o pouso forçado. |

3. Comentários/Pesquisas

Quando nivelado no FL055, quinze minutos após a decolagem, o piloto percebeu queda na pressão de óleo do motor, seguida por trepidação e disparo de RPM da hélice. Na sequência ocorreu o travamento do motor.

O motor Continental IO-520-BB(6) que equipava a aeronave contava com 842h08min após a última revisão geral e 13h20min após a última Inspeção Anual de Manutenção (IAM).

Os indícios encontrados no motor, principalmente um furo na parte superior da semicarcaça esquerda, na altura do cilindro 6, portanto na parte frontal, apontavam para uma falha de motor. Conseqüentemente este foi submetido à inspeção e desmontagem em oficina homologada pela ANAC para análise por especialista do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), acompanhado pelos investigadores do Quarto Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SERIPA IV).



Figura 2 – Visão do dano no motor.

O resultado dessa análise foi a identificação de que a falha no motor foi iniciada no cilindro 5 ou no cilindro 6. Foi observado também que ocorreu o rompimento dos parafusos que mantêm as bielas desses cilindros solidárias à árvore de manivelas. Pelo fato de não terem sido encontrados todos os segmentos desses parafusos durante a desmontagem, não foi possível determinar a causa primária da falha.

Folga ou desgaste excessivo nas bronzinas das bielas, rompimento do parafuso da cabeça da biela ou perda de torque da porca desse mesmo parafuso são possibilidades que remetem à folga excessiva entre a cabeça da biela e o moente da árvore de manivelas, o que pode culminar nos danos que foram observados durante a desmontagem deste motor.

As hipóteses que poderiam explicar essa falha recaem sobre a manutenção da aeronave, quer seja pela reutilização de itens de troca obrigatória na revisão geral, quer seja pela montagem final do motor durante a revisão geral, no que tange ao assentamento correto de bronzinas e aplicação correta de torques.]

3.1 Fatores Contribuintes

- [Manutenção da aeronave.]

4. Fatos

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com o Certificado de Habilitação Técnica (CHT) válido;
- c) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- d) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- e) as cadernetas de célula, motor e hélice estavam atualizadas;
- f) o piloto decolou do aeródromo da Fazenda Bandeirantes (SJDx), no município de Aquidauana, MS, com destino ao aeródromo da Estância Teruel Ipanema (SSIE), no município de Campo Grande, MS;
- g) as condições meteorológicas no momento do acidente eram favoráveis ao voo visual;
- h) a falha do motor foi iniciada no cilindro 5 ou 6;

- i) ocorreu o rompimento do parafuso que mantém as bielas desses cilindros solidárias à árvore de manivelas;
- j) a aeronave teve danos substanciais no motor, no trem de pouso, fuselagem e asa direita; e
- k) o piloto e o passageiro saíram ilesos.

5. Ações Corretivas adotadas

[Nada a relatar.]

6. Recomendações de Segurança

[Não há.]

Em, [23 de junho de 2016.]



DIMENSIONAMENTO DE UM VARIADOR DE VELOCIDADE ESCALONADO DE DUAS MARCHAS PARA UM VEÍCULO BAJA

ALVES, E.,P.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. evertonengmecanico@outlook.com

VEIGA, L. R.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. leandro.rodrigues.veiga@gmail.com

SOUZA, V. K. T.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. kayke320@hotmail.com

FERNANDES, C. E.

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. caduengcivil@hotmail.com

BRANDÃO, S. M.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. sergio.brandao@unievangelica.edu.br

GOMES, F. S.

Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica. fabioengenheiromec@gmail.com

Resumo:

O sistema de transmissão automotiva é responsável por transmitir torque, força e rotação, produzido pelo motor, até as rodas. Sistema de transmissão escalonado de velocidade é obtido com uma combinação que transmite movimento com diversas relações possíveis, previamente designados. Este trabalho tem como objetivo o dimensionamento de uma relação de transmissão do tipo escalonado composto somente de duas marchas para cumprir a necessidade de um veículo *Off Road* tipo Baja. A metodologia para execução deste foi dividida em quatro etapas, sendo: o levantamento de dados, a elaboração do projeto teórico, o dimensionamento dos elementos e o desenho do sistema. O resultado do projeto promoveu o atendimento satisfatório principalmente de duas etapas da competição SAE Baja, a prova de circuito que exige maior velocidade e a prova de inclinação a 45°, que no veículo é exigido maior torque. Conclui-se que foi possível o atingimento dos objetivos esperados e além disto o trabalho promoveu o enriquecimento do conhecimento relacionado a engenharia aplicada na transmissão dos veículos *Off Road* tipo Baja de toda a equipe.

Palavras-chave: Sistema Escalonado, Baja SAE, *PowerTrain*, Variador de Velocidade.

Abstract:

The automotive transmission system is responsible for transmitting torque, force and rotation, produced by the engine, to the wheels. Step speed transmission system is obtained with a combination that transmits motion with several previously assigned possible relationships. The objective of this work is the design of a two-speed stepped type transmission ratio to meet the need for a Low Road Off Road vehicle. The methodology for the execution of this project was divided into four stages: data collection, theoretical design, element design and system design. The result of the project promoted the satisfactory attendance mainly of two stages of the competition SAE Baja, the test of circuit that demands greater speed and the test of inclination to 45°, that in the vehicle is required greater torque. It was concluded that it was possible to achieve the expected objectives and in addition, the work promoted the enrichment of knowledge related to the engineering applied to the transmission of Off Road type Baja vehicles of the entire team.

Key-words: Scale System, Baja SAE, *PowerTrain*, Speed Scale.

1. Introdução

Um veículo *Off Road* do tipo Baja, aplica um sistema de transmissão composto por uma relação fixa que acopla a uma CVT, executando a ligação entre o motor e o sistema de transmissão, assim fornece a tração prevista, mas, obtém baixo rendimento de velocidade. O baixo rendimento se dá por ter apenas uma relação de engrenamento sem a opção de troca de velocidades, e não permite que se obtenha a velocidade esperada [1]. Com o dimensionamento de um sistema escalonado pretende-se alcançar um sistema de transmissão confiável, a fim de possuir melhor rendimento do motor em baixas rotações. O sistema deve resistir com segurança as condições de trabalho, proporcionando variações de torque e rotações de maneira eficiente, e nas competições o veículo ultrapasse os obstáculos sem maiores dificuldades [2].

A partir deste dimensionamento envolverá vários aspectos, com a escolha do material que será usado na fabricação dos eixos e até o tipo da transmissão. Por se tratar de um carro que terá condições para competição, alguns desses fatores são padronizados por regras. Por isso, é necessário analisar os pequenos detalhes para permitir um ganho de rendimento. O veículo *Off Road*, se trata de veículo que será utilizado fora de estrada, os dimensionamentos das engrenagens têm que ser decisivos, que se dará por uma combinação de cargas estáticas e cargas em choques. O motor Briggs & Stratton Intek OHV de 10 HP padronizado, obtém uma baixa potência, e tem-se que se atentar para os cálculos dos elementos, para não ficar superdimensionados, para não ter perdas de velocidade e torque no proceder da prova [3].

De acordo com a norma SAE (Regulamento Baja SAE Brasil Capítulo 9 – Avaliações e Pontuações no item 9.4.1.4) não é permitida modificação no veículo que irá alterar a configuração aprovada. Incluirá, mas não limitará a itens como: relação de transmissão intermediária ou final, pneus, molas, amortecedores, relação de direção, componentes de freio, motor, assento e equipamentos de emergência (extintor, proteções, carenagens...). Se houver qualquer reparo, mas mantendo a configuração aprovada ou ajustes dos sistemas são permitida [4].

O objetivo desse trabalho é realizar o dimensionamento de um variador escalonado de duas velocidades para atender as necessidades de um veículo *Off Road* tipo Baja SAE, o qual será proposto a utilização no projeto Baja da Faculdade Centro Universitário de Anápolis UniEvangélica. Através deste sistema pretende-se proporcionar maior velocidade e torque.

2. Revisão da literatura

2.1 – Sistemas de transmissão

Transmitir potência está diretamente associado a transmitir movimento em curto espaço de tempo [5]. A transmissão de um veículo tem o objetivo de fornecer força obtida do motor, que gera a combinação de tração e velocidade necessárias para gerar movimento ao veículo. As unidades de propulsão desta natureza trabalham em uma faixa de rotação, limitada entre a marcha lenta e na máxima rotação. Com isso gerando os valores de potência e torque que não são oferecidos de forma uniforme, por isso necessário as relações de transmissão que irá adaptar o torque disponível em força de tração requerida no momento. A transmissão pode ter relação fixa, escalonada com mudança manual, escalonada com mudança automática ou continuamente variável (CVT) [1].

Segundo Reshetov, (1979), a tarefa das caixas de velocidades com engrenagens é a regulação da velocidade do veículo, que tem os pares de engrenagens que trabalham por meio de transmissões graduadas [2]. Tem como principais requisitos de uma caixa de velocidades, garantir a quantidade necessária que terá de rotações no eixo acionado, adequar um coeficiente de rendimento, que seja mais curto possível, proporcionar pequenas dimensões, fácil manejo, manutenção, montagem e regulação [2].

A transmissão tem função de transmitir a potência do motor para as rodas, que é convertida em energia mecânica. Nos automóveis, que possuem o motor na região dianteira, a sua transmissão terá início no volante do motor e irá se prolongar através da embreagem, da caixa de velocidades do eixo de transmissão e do diferencial que ligará até as rodas traseira. E nos automóveis com motor na parte da frente do veículo e com tração dianteira ou com o motor traseiro e tração nas rodas de trás, pode-se dispensar o eixo transmissão sendo, neste caso, o movimento que será transmitido por meio de eixos curtos [6].

2.2 – Sistema escalonado

A transmissão CVT é bastante diferente da convencional por não ter o escalonamento definido em cada opção de marcha. Este sistema tem como objetivo variar continuamente a relação e proporciona que o motor trabalhe na rotação que fique mais adequada com a solicitação e podendo ser a rotação do pico de potência ou a de maior torque do motor [7].

Como vantagem de usar este sistema, é usado para diminuir o consumo de combustível, reduzir a emissão de poluentes e elevar ao máximo a dirigibilidade e o conforto. E temos as transmissões conversoras de torque e velocidade, com sua semelhança pode ser variada continua sem cortar o fluxo de energia [8]. É composta por duas polias cônicas com diâmetros efetivos variáveis, uma motora e uma movida, acoplada por uma correia trapezoidal [9].

De acordo com Bosch, (2005), os componentes que formam a transmissão, precisam transformar torque em rotação, proporcionando que o veículo consiga ter arranque, resultando em movimento para frente e para trás, possibilitando que se tenha potência de trabalhando em diferentes rotações [10].

A transmissão por engrenagens acomoda a redução ou aumento do momento torsor, fazendo com que tenha o mínimo de perda de energia, e com não terá possibilidade de deslizamento, não terá perda nenhuma no aumento ou na diminuição de velocidades. Se a rotação for aumentando, o momento torsor diminui e vice-versa, tendo como sua maior aplicação a redução de velocidade e o aumento do torque [11].

A definição da relação de transmissão e suas rotações, tem que identificar se é um sistema redutor ou ampliador. O sistema redutor é o movimento que passa através da engrenagem maior para a menor com isso a rotação diminui e no sistema ampliador é quando o movimento é transferido da engrenagem maior para a menor e a um aumento de rotação [5].

2.3 – Transmissão em Veículo Baja

O Baja tem dimensões pequenas, e necessita de uma relação de redução mínima numa caixa de velocidades, que deverá elevar o torque suficientemente para atingir a carga máxima possa arrancar numa subida íngreme, e o sentido de rotação em uma transmissão é definido como positivo, quando a direção de rotação é no sentido horário em um sistema cartesiano de coordenadas. O veículo precisa de grande quantidade de torque para sair do repouso e para conseguir vencer terrenos de grande inclinação [5].

3. Metodologia

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho é o estudo de caso, onde será necessário o cumprimento de quatro etapas.

A primeira etapa do trabalho é o levantamento das informações para conhecer o motor empregado em função do dimensionamento dos elementos de transmissão.

A segunda etapa é elaboração do projeto de um sistema escalonado como uma alternativa melhorada para compor a transmissão a fim de ser utilizada no Centro Universitário de Anápolis UniEvangélica no projeto do seu veículo Baja SAE.

A terceira etapa constitui o desenvolvimento e dimensionamento dos elementos envolvidos neste sistema, sendo que será realizado um estudo para a solução dos componentes internos para um melhor desempenho.

A quarta e última etapa do trabalho será o projeto do protótipo, utilizando o software *SolidWorks*®.

4. Resultados preliminares

4.1 – Levantamento de dados

De acordo com o padrão estabelecido pela SAE Internacional todos os modelos devem possuir o motor Briggs & Stratton Intek OHV de 10 HP 306cc com 18,6 N.m de torque girando até 3600 rpm, mostrado na figura 1, onde o mesmo não pode sofrer alterações de melhoria no desempenho, e caso ocorra modificações no motor a equipe pode chegar a ser desclassificada.

Figura 31 – Motor BRIGGS&STRATTON 10 HP.

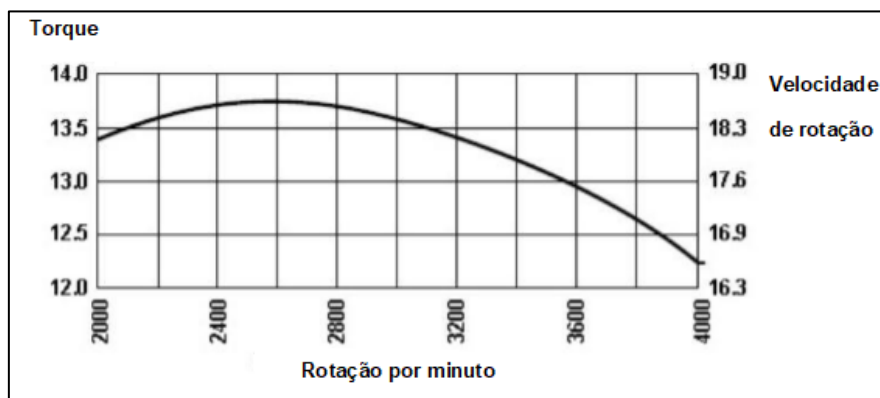


Fonte: BRIGGS & STRATTON

Faz-se necessário primeiramente saber a condição de entrada e saída da caixa de redução. A condição de entrada é determinada pelo motor, e a condição de saída é determinada pela equipe, a partir de estudos realizados de modo a determinar a rotação e o torque necessário na roda para transportar uma carga elevada ou subir uma rampa com inclinação média de 45°.

As curvas características de potência fornecidas pelo fabricante torque versus velocidade de rotação e potência versus velocidade de rotação, são apresentadas nas figuras 2 e 3.

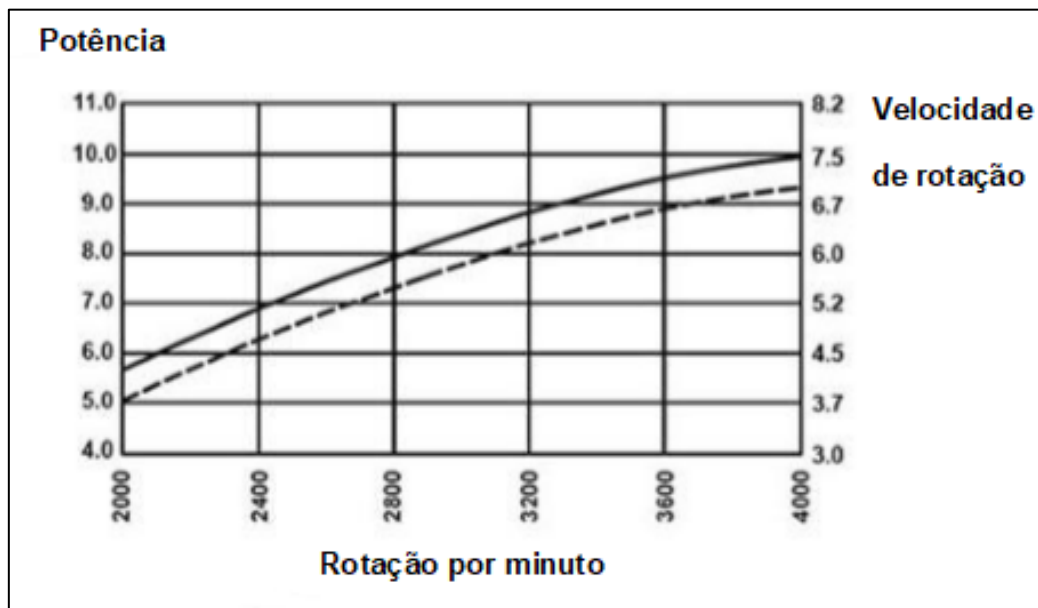
Figura 32 – Curva de Torque x Velocidade de Rotação.



Fonte: BRIGGS & STRATTON

Na figura 2 o comportamento da curva mostra que o torque máximo se dá a uma rotação de 2600 rpm.

Figura 33 – Curva de Potência x Velocidade de Rotação.



Fonte: BRIGGS & STRATTON

Analisando a figura 3 percebe-se que o motor apresenta um comportamento crescente na relação entre potência e rotação, e sua potência máxima só é alcançada a 4000 rpm.

4.2 – Sistema escalonado

Sistema de transmissão escalonado de velocidade e obtidos com uma combinação que transmite movimentos com diversas relações possíveis, sendo comumente mais usais as polias e engrenagens, e o qual será utilizado no projeto realizado. Todo componente do sistema utilizado possuirá um par previamente escolhido, determinando assim a redução do sistema desejado.

Os variadores de velocidade por engrenagens são mais utilizados devido permitirem torques elevados, com excessiva confiabilidade, de modo que são empregados na maioria dos casos, como em máquinas operatrizes ou automóveis. A variação pode ser feita por engrenagens fixos nos eixos, móveis ou soltos.

4.3 – Dimensionamento do sistema

Para o dimensionamento das engrenagens, definiu-se o material aço SAE 4320 recozido a 850°C, com dureza Brinell é 163 HB, a sua densidade de 7,70 a 8,03 g/cm³, resistência à tração é 579,2 Mpa, que converte 5.906,2 kgf/cm² e o alongamento deste aço é de 29%.

O módulo selecionado em função da velocidade angular 376,99 rad/s, foi o Mn = 3 com ângulo de pressão $\alpha = 20^\circ$, que será composta por 4 pares de engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais. Para o dimensionamento das outras características necessárias para fabricação das engrenagens foram respeitadas a nomenclatura conforme a norma DIN 862-867 [12].

A Eq. (1) calcula o passo (T_o):

$$T_o = Mn \cdot \pi \quad (1)$$

$$T_o = 3 \cdot 3,14$$

$$T_o = 9,42 \text{ mm}$$

A Eq. (2) é utilizada para calcular a altura do pé do dente (h_f).

$$\begin{aligned} h_f &= 1,2 \cdot M_n \\ h_f &= 1,2 \cdot 3 \\ h_f &= 3,6 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2)$$

De acordo com a Eq. (3) calcula-se a altura total do dente (h_z).

$$\begin{aligned} h_z &= 2,2 \cdot M_n \\ h_z &= 2,2 \cdot 3 \\ h_z &= 6,6 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3)$$

Com os cálculos seguintes obteve-se os resultados para iniciar os dimensionamentos das engrenagens.

Com a Eq. (4) o seguinte resultado do diâmetro primitivo (d_0).

$$\begin{aligned} d_0 &= M_s \cdot Z \\ d_0 &= 3,46 \cdot 14 \\ d_0 &= 48,44 \text{ mm} \end{aligned} \quad (4)$$

Com a Eq. (5) permitiu calcular o diâmetro de base (d_g).

$$\begin{aligned} d_g &= d_0 \cdot \cos \alpha \\ d_g &= 48,44 \cdot \cos 20 \\ d_g &= 45,51 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5)$$

Com a Eq. (6) o diâmetro interno (d_f).

$$\begin{aligned} d_f &= d_0 - 2 \cdot h_f \\ d_f &= 48,44 - 2 \cdot 3,6 \\ d_f &= 41,24 \text{ mm} \end{aligned} \quad (6)$$

Com a Eq. (7), para o diâmetro externo (d_k).

$$\begin{aligned} d_k &= d_0 + 2 \cdot h_f \\ d_k &= 48,44 + 2 \cdot 3 \\ d_k &= 54,44 \text{ mm} \end{aligned} \quad (7)$$

Os cálculos utilizados no dimensionamento da engrenagem Z1, foram os mesmos para todas as engrenagens, conforme observado na tabela 1. Os dados como base para os cálculos, não sofreram alteração nas outras engrenagens.

Tabela 16 – Dimensionamento das engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais.

Engrenagem	Nº Dentes	d_0	d_g	d_f	d_k
Z1	14	48,44	45,51	41,24	54,44
Z2	44	152,24	143,05	145,04	158,24
Z3	18	62,28	58,52	55,08	68,28

Z4	25	86,50	81,28	79,30	92,50
Z5	37	128,02	120,30	120,82	134,02
Z6	44	152,24	143,05	145,04	158,24

Fonte – Do autor.

As engrenagens Z5 e Z6 contém os dentes retos laterais, que será definido pelas Z7 e Z8 e terá o módulo $M_n = 1,5$.

A engrenagem Z9 é existente para o engrenamento da primeira e da segunda velocidade, ela terá o módulo $M_n = 1,5$, e a mesma contará com uma engrenagem interna que será a engrenagem Z10 e o módulo de $M_n = 1$.

A partir dessas mudanças, os cálculos realizados para o dimensionamento serão os mesmos, e os resultados obtidos serão apresentados na tabela 2.

Tabela 17 - Dimensionamento das engrenagens cilíndricas de dentes retos.

Engrenagem	Nº Dentes	d_o	d_g	d_f	d_k
Z7	50	75	70,40	71,40	78
Z8	50	75	70,40	71,40	78
Z9	50	75	70,40	71,40	78
Z10	45	45	42,28	42,60	47

Fonte – Do autor.

No dimensionamento dos eixos o material utilizado será o mesmo das engrenagens o aço SAE 4320 recozido a 850°C. E dando sequência, mostra-se os cálculos necessários.

De acordo com a Eq. (8), calcula o torque na árvore (M_{T1}).

$$M_{T1} = \frac{M_{Tmotor} \cdot P}{\pi \cdot n} \quad (8)$$

$$M_{T1} = \frac{30000 \cdot 7457}{\pi \cdot 3600}$$

$$M_{T1} = 19780 \text{ Nmm}$$

A Eq. (9) dará o esforço na transmissão (F_n).

$$F_n = (F_t^2 + F_r^2)^{1/2} \quad (9)$$

$$F_n = (816^2 + 297^2)^{1/2}$$

$$F_n = 868,36 \text{ N}$$

A Eq.(10) calcula o momento fletor (M_{rmax}).

$$M_{rmax} = R_a \cdot X \quad (10)$$

$$M_{rmax} = R_a \cdot X$$

$$M_{rmax} = 625 \cdot 74$$

$$M_{rmax} = 46250 \text{ Nmm}$$

Conforme Eq. (11), calcula o momento ideal (M_i).

$$M_i = (M_{rmax}^2 + (\frac{\alpha}{2} \cdot MT)^2)^{1/2} \quad (11)$$

$$M_i = (46250^2 + (\frac{1,2}{2} \cdot 19780)^2)^{1/2}$$

$$M_i = 47748 \text{ N mm}$$

A Eq. (12), calcula o diâmetro da árvore (d).

$$d = 2,17 \left(\frac{b \cdot M_i}{\sigma_{tadm}} \right)^{1/3} \quad (12)$$

$$d = 2,17 \left(\frac{1 \cdot 47748}{60} \right)^{1/3}$$

$$d = 20,10$$

$$d \cong 20 \text{ mm}$$

Os cálculos utilizados no dimensionamento do eixo primário, foram os mesmos para todos os eixos, conforme observado na tabela 3. Os dados como base para os cálculos, não sofreram alteração nos outros eixos.

Tabela 18 – Dimensionamento dos eixos.

Eixo	M_{T1}	F_n	M_{rmax}	M_i	d
Primário	19780	868,36	46250	47748	20
Secundário (entalhado)	62166	2877	80831	89023	25
Saída (entalhado)	48352	1865	121479	124895	28

Fonte – Do autor.

Com o dimensionamento dos eixos, apresenta-se a distância entre centros, aonde Z1 e Z2 mostra-se distância diferentes por estar no grupo de eixos I e II, já as engrenagens Z3, Z4, Z5 e Z6 está no grupo de eixo II e III.

Com a Eq. (13), mostra-se a distância entre centros Z1 e Z2 ($C_{c1,2}$).

$$C_{c1,2} = \frac{d_0(Z1) + d_0(Z2)}{2} \quad (13)$$

$$C_{c1,2} = \frac{48,44 + 152,24}{2}$$

$$C_{c1,2} = 100,34 \text{ mm}$$

Distância entre centro Z3 e Z6 ($C_{c3,6}$).

$$C_{c3,6} = \frac{d_0(Z3) + d_0(Z6)}{2} \quad (13)$$

$$C_{c3,6} = \frac{62,28 + 152,24}{2}$$

$$C_{c3,6} = 107,26 \text{ mm}$$

Distância entre centro Z4 e Z5 ($C_{c4,5}$).

$$C_{c4,5} = \frac{d_0(Z4) + d_0(Z5)}{2} \quad (13)$$

$$C_{c4,5} = \frac{86,50 + 128,02}{2}$$

$$C_{c4,5} = 107,26 \text{ mm}$$

A partir dos cálculos da distância entre centros dos eixos, calculou-se a relação de transmissão em cada velocidade.

Como mostra a Eq. (14), pode-se calcular a relação de transmissão entre a engrenagem Z1 e Z2 (i_1).

$$i_1 = \frac{Z2}{Z1} \quad (14)$$

$$i_1 = \frac{44}{14}$$

$$i_1 = 3,14$$

Relação de transmissão entre a engrenagem Z3 e Z6 (i_2).

$$i_2 = \frac{Z6}{Z3} \quad (14)$$

$$i_2 = \frac{44}{18}$$

$$i_2 = 2,44$$

Relação de transmissão entre a engrenagem Z4 e Z5 (i_3).

$$i_3 = \frac{Z5}{Z4} \quad (14)$$

$$i_3 = \frac{37}{25}$$

$$i_3 = 1,48$$

Na tabela 4 apresenta-se as relações de cada par de engrenagens, multiplica-se as relações para obter a relação de transmissão da primeira velocidade, e para a segunda velocidade.

Engrenagens	Tabela 19 – Relações de transmissão.	
	Eixo I, Eixo II	Eixo II, Eixo III
Z2	$i_1 = 3,14$	1º Velocidade $i_{1,2} = 7,66$
Z1		
Z6	$i_2 = 2,44$	2º Velocidade $i_{1,3} = 4,64$
Z3		
Z5	$i_3 = 1,48$	
Z4		

Fonte – Do autor.

Alguns itens não dimensionados foram escolhidos para compor o projeto. A escolha dos modelos de rolamentos, optou-se pelos rolamentos de esferas, por serem mais versáteis, indicados para velocidades mais elevadas, e exigindo pouca manutenção. De acordo com o catálogo da SKF selecionou-se modelos com códigos diferentes, dois rolamentos para cada eixo, por ter diâmetros diferentes. No eixo primário o rolamento de modelo 6304, no eixo secundário o rolamento de modelo 6307 e no eixo de saída o rolamento de modelo 6407.

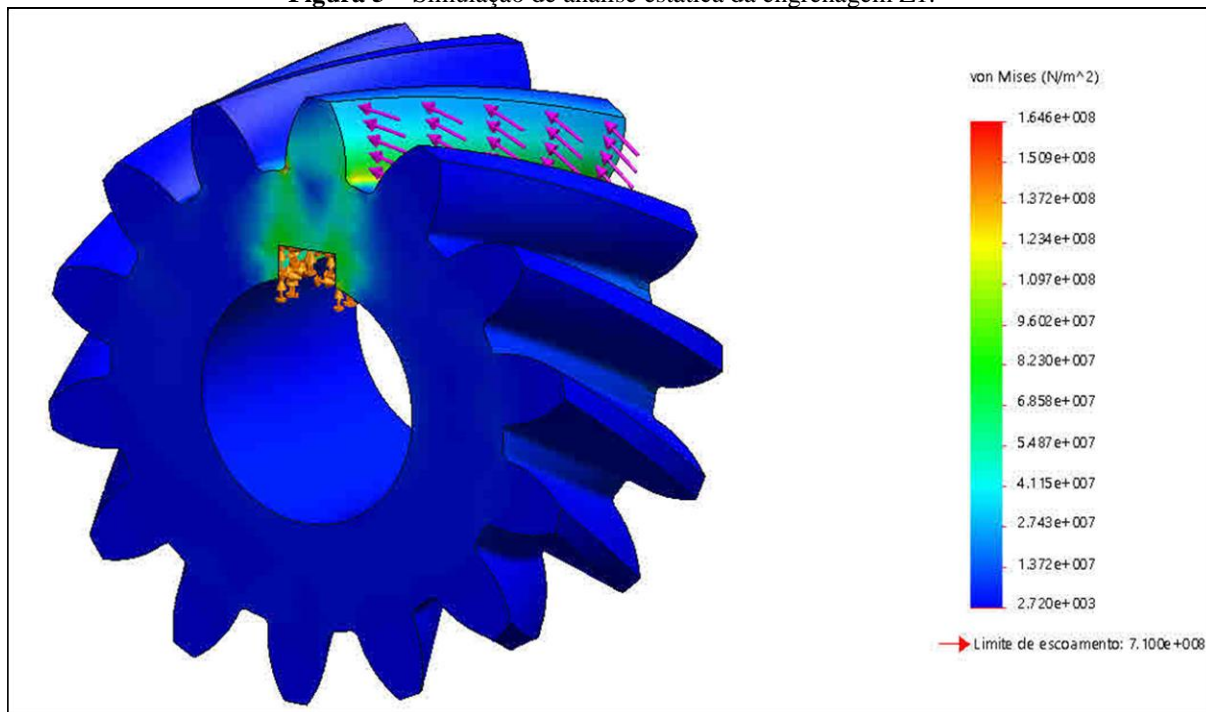
Na lubrificação dos componentes, foi escolhido o óleo SAE 90W API GL5 semissintético e ideal para caixa de velocidades. Dentre os modelos de lubrificação existente, contém vários modelos, sendo escolhido o mais adequado para o projeto. Foi escolhido o método por salpico, onde a própria engrenagem faz a lubrificação sendo arremessado respingos de óleo.

4.4 – Projeto da transmissão tipo escalonada de duas marchas

Na figura 4 são mostrados os componentes em uma montagem geral do sistema escalonado de duas velocidades. O sistema montado é composto por engrenagens, eixos, rolamentos e garfo para mudança do sistema escalonado.

Na figura 5 mostra a simulação da análise estática, o valor obtido foi retirado do software *SolidWorks*®, o mesmo também mostra o limite de escoamento da peça que no qual pode observar o resultado em von Mises (N/m^2).

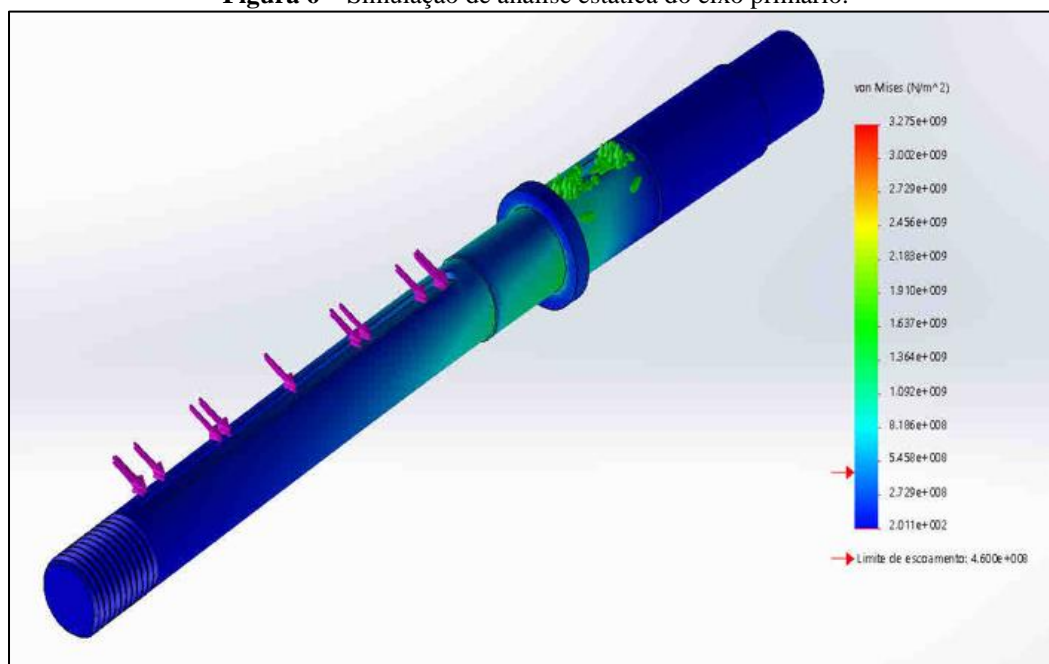
Figura 5 – Simulação de análise estática da engrenagem Z1.



Fonte – Do autor.

Na figura 6 é mostrado a simulação do eixo no ponto, onde sofre mais esforço, mostrando assim seu limite de escoamento na chaveira.

Figura 6 – Simulação de análise estática do eixo primário.



Fonte – Do autor.

5. Conclusão

A elaboração deste projeto proporcionou a ampliação dos conhecimentos sobre o sistema de transmissão, como definição de torque, do funcionamento da relação de marcha, os diferentes tipos de transmissão, como correia e engrenagem. Tendo seguido todas as etapas propostas para a definição da relação da transmissão do variador escalonado de duas velocidades para o protótipo Baja da Faculdade Centro Universitário de Anápolis UniEvangélica identificou-se que alguns fatores são necessários: a velocidade máxima alcançada; o rendimento do sistema de redução; o torque máximo alcançado; a massa total do conjunto; e o custo.

Através do dimensionamento obteve-se uma relação de transmissão com duas marchas para um veículo Off Road tipo Baja, sendo que a primeira marcha ficou definida com relação $i_{1,2} = 7,66$. A primeira marcha desenvolve torque mais elevado e velocidade máxima em torno de 48 Km/h para a condição na qual foi realizado o estudo. Já a segunda marcha ficou com a relação de transmissão $i_{1,3} = 4,64$ possibilitando atingir maiores velocidades, em torno de 78 Km/h no eixo de saída, esta marcha será empregada onde as condições da prova não exigirem torque tão elevado.

Observou-se também que houve uma melhora do rendimento no sistema projetado, que apresenta uma eficiência média de 70%. A transmissão projetada possui uma massa do conjunto de 19,18 Kg, e uma estimativa da carcaça da transmissão de 1,89 Kg, os valores de massa retirados do software. Com estimativas de custos deste projeto, ele pode ser considerado viável pelo motivo de ser baixo, em torno de R\$ 9.650,00 e por ter um ganho positivo de rendimento com o sistema de transmissão. Pode-se concluir que foi possível o atingimento dos objetivos esperados e além disto o trabalho promoveu o enriquecimento do conhecimento relacionado a engenharia aplicada na transmissão dos veículos *Off Road* tipo Baja de toda a equipe.

6. Referências

- [1] MOLIN, A. D., RITTER, L. L., LERMEN, R. T. **Dimensionamento de uma relação de transmissão com duas marchas para veículo off road tipo baja.** Horizontina, 2015. Disponível em: <<http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2015/DimensionamentoDeUmaRelacao.PDF>>. Acesso em mar. 2017.
- [2] CHIODELLI, R. T. **Dimensionamento de componentes de transmissão para um protótipo baja sae.** Horizontina, 2012. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2012/Ronan_Toledo_Chiodelli.pdf>. Acesso em 25 mar. 2017.
- [3] SILVA, D. F. R., LACERDA, J. C., DEIRÓ, R. J. C., LUIZ, V. D. **Análise teórica do dimensionamento de uma caixa redutora de transmissão para veículo mini-baja.** Coronel Fabriciano, 2010. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-2177.pdf>>. Acesso em 26 mar. 2017.
- [4] SAE BRASIL. **Regulamento Baja Sae Brasil – Capítulo 9.** São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/RBSB%202017/RBSB%209%20-%20Avaliacoes%20e%20Pontuacao%20-%20Emenda%205.pdf>>. Acesso em 30 mar. 2017.
- [5] TOLEDO, F. H. B. **Projeto de variador de velocidades escalonado de duas marchas para protótipo baja sae.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013500.pdf>>. Acesso em 25 mar. 2017.
- [6] COSTA, P. G. **Transmissão.** Local desconhecido, 2002. Disponível em: <<http://www.oficinaecia.com.br/bibliadocarro/transmissao.html>>. Acesso em 14 abr. 2017.
- [7] DIAS, F. M. **Projeto e construção de uma nova bancada de ensaio de cvt.** Brasília, 2010. Disponível em: <<https://fga.unb.br/articles/0000/5974/PG2.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.
- [8] QUEIROZ, C. D. V., MELO, E. C., CALABREZ, F. H. **Revisão dos sistemas de transmissão automotiva.** Santo André, 2015. Disponível em: <<http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC326.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

[9]OLIVEIRA, P. G. C. **Simulação numérica do comportamento dinâmico de um câmbio continuamente variável utilizado em veículos do tipo baja.** Agosto 2017. Disponível em: <<http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/844/1/projetodegradua%C3%A7%C3%A3o%20IIfsemassinatura.pdf>>. Acesso em 17 abr. 2017.

[10]BOSCH, R. **Manual de tecnologia automotiva.** São Paulo; Editora Edgard Blucher, 2005.

[11]PAULI, E. A., ULIANA, F. S. **Noções básicas de elementos de máquinas.** Espírito Santo, 1996. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/72/72.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

[12] MELCONIAN, S. **Elementos de máquinas.** São Paulo; Editora Érica, 2009.
