



**Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica

Atena
Editora

Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-246-3

DOI 10.22533/at.ed.463190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Série.

CDD 670.427

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas. Nesta obra é conciliada duas atividades essenciais a um engenheiro mecânico: Projetos e Simulação.

É possível observar que na última década, a área de projetos e simulação vem ganhando amplo destaque, pois através de simulações pode-se otimizar os projetos realizados, reduzindo o tempo de execução, a utilização de materiais e os custos finais.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens nos projetos dentro da grande área das engenharias.

Trabalhos envolvendo simulações numéricas, tiveram um grande avanço devido a inserção de novos softwares dedicados a áreas específicas, auxiliando o projetista em suas funções. Sabe-los utilizar de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, sobre simulações em vários campos da engenharia industrial, elementos de maquinas e projetos de bancadas práticas.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA PARA ENSAIOS VIBRATÓRIOS EM DISPOSITIVOS VEICULARES	
<i>Pedro Henrique Barbosa Araujo</i> <i>Evandro Leonardo Silva Teixeira</i> <i>Maria Alzira de Araújo Nunes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4631905041	
CAPÍTULO 2	18
DESENVOLVIMENTO DE UM MECANISMO PARA REABILITAÇÃO DO JOELHO UTILIZANDO EVOLUÇÃO DIFERENCIAL	
<i>Lucas Antônio Oliveira Rodrigues</i> <i>Rogério Sales Gonçalves</i> <i>João Carlos Mendes Carvalho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4631905042	
CAPÍTULO 3	29
DESENVOLVIMENTO DE BENEFICIADORA DE FUSO ROTATIVO	
<i>Fábio Gatamorta</i> <i>Danilo Brasil Sampaio</i> <i>Jebson Gouveia Gomes</i> <i>Marco Antônio Pereira Vendrame</i> <i>Gabriel Novelli</i> <i>Atílio Eduardo Reggiani</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4631905043	
CAPÍTULO 4	38
MINI EXTRUSORA DIDÁTICA DE POLÍMEROS UTILIZADOS EM IMPRESSORAS 3D	
<i>Marcelo Santos Damas</i> <i>Tiago Zaquia Pereira</i> <i>Ueliton Cleiton Oliveira</i> <i>Sérgio Mateus Brandão</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4631905044	
CAPÍTULO 5	53
ANÁLISE PRELIMINAR PARA PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE QUEIMADOR ATMOSFÉRICO PARA FORNO DE FORJAMENTO APLICADO À CUTELARIA	
<i>Luís Fernando Marzola da Cunha</i> <i>Danilo dos Santos Oliveira</i> <i>José Henrique de Oliveira</i> <i>Rhander Viana</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4631905045	
CAPÍTULO 6	67
DESENVOLVIMENTO DE UM MARTELETE ELETROMECAÂNICO DESTINADO AO FORJAMENTO DE FACAS ARTESANAIS	
<i>Cassiano Arruda</i> <i>André Garcia Cunha Filho</i>	

CAPÍTULO 7 80

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE ESCANEAMENTO 3D A LASER: ESTUDO DE CORES DA SUPERFÍCIE

Bruno Barbieri
Vinicius Segalla
Marcio Catapan
Maria Lúcia Okimoto
Isabella Sierra

DOI 10.22533/at.ed.4631905047

CAPÍTULO 8 91

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE FREIOS PARA UM MINI BAJA DA COMPETIÇÃO BAJA SAE BRASIL

Silas Fernandes Caze
Lucas de Sousa Camelo
Wictor Gomes de Oliveira
Bruno de Oliveira Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.4631905048

CAPÍTULO 9 96

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE AMORTECEDORES TIPO STOCKBRIDGE

Marcos José Mannala
Marlon Elias Marchi
Marcio Tonetti

DOI 10.22533/at.ed.4631905049

CAPÍTULO 10 103

MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA DA LÂMINA DE FASE EM CHAVE SECCIONADORA UTILIZANDO SENSOR DE ULTRASSOM

Carlos Henrique da Silva
Felipe Martins Silva
Fernando Luiz Alhem dos Santos
Jardson da Silva David
Juliana Lopes Cardoso
Milton Zanotti Junior

DOI 10.22533/at.ed.46319050410

CAPÍTULO 11 114

CÁLCULO DE LINHA DE VIDA UTILIZANDO MÉTODO DE SULOWSKI

Walter dos Santos Sousa
Caroline Moura da Silva
Érika Cristina de Melo Lopes
Gilton Carlos de Andrade Furtado
Lana Ritiele Lopes da Silva
Michele da Costa Baía

DOI 10.22533/at.ed.46319050411

CAPÍTULO 12	127
CÁLCULO DOS TEMPOS DE PENETRAÇÃO E DESVIO DE CALOR DO MODELO X23	
<i>Luís Henrique da Silva Ignacio</i>	
<i>Fernando Costa Malheiros</i>	
<i>Alisson Augusto Azevedo Figueiredo</i>	
<i>Henrique Coelho Fernandes</i>	
<i>Gilmar Guimarães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050412	
CAPÍTULO 13	135
TEMPO DE MISTURA EM TANQUES COM IMPULSORES MECÂNICOS EQUIPADOS COM CHICANA PADRÃO E MODIFICADA	
<i>Murilo Antunes Alves Lucindo</i>	
<i>Breno Dantas Santos</i>	
<i>Juliana Sanches da Silva</i>	
<i>Marcos Bruno Santana</i>	
<i>Deovaldo de Moraes Júnior</i>	
<i>Vitor da Silva Rosa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050413	
CAPÍTULO 14	147
A SEGURANÇA DE VOO A PARTIR DA MANUTENÇÃO E OS RISCOS GERADOS PELOS FATORES HUMANOS	
<i>Daniel Alves Ferreira Lemes</i>	
<i>Kennedy Carlos Tolentino Trindade</i>	
<i>Anna Paula Bechepeche</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050414	
CAPÍTULO 15	169
VANTAGENS DA MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA UNIDADES DE ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETRÓLEO	
<i>Luriane Pamplona dos Santos Barbosa</i>	
<i>Rodrigo de Cássio Vieira da Silva</i>	
<i>Thiago Eymar da Silva Oliveira</i>	
<i>Arielly Assunção Pereira</i>	
<i>Roger Barros da Cruz</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050415	
CAPÍTULO 16	185
MEDIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM ÓLEO LUBRIFICANTE DE TURBINAS	
<i>Isabella Fenner Rondon</i>	
<i>Josivaldo Godoy da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050416	
CAPÍTULO 17	196
ESTUDO SOBRE GESTÃO DE LUBRIFICAÇÃO PARA ALTO DESEMPENHO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	
<i>Fernanda do Carmo Silvério Vanzo</i>	
<i>Vicente Severino Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050417	

CAPÍTULO 18	209
APLICAÇÃO DE TÉCNICA PARA AUMENTO DO TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS EM VENTILADORES INDUSTRIAIS	
<i>Fernanda do Carmo Silvério Vanzo</i>	
<i>Edmar Antônio Onofre</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050418	
CAPÍTULO 19	221
ANÁLISE E CORREÇÃO DE FALHAS EM UM EIXO DO MONTANTE	
<i>José Airton Neiva Alves da Silva Brasil</i>	
<i>Victor Gabriel Pereira Valverde</i>	
<i>Luís Felipe Furtado Pontes</i>	
<i>Guilherme Guimarães Sousa e Silva</i>	
<i>Lucas Silva Soares</i>	
<i>Marcos Erike Silva Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050419	
CAPÍTULO 20	236
ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DE FALHAS DE UM ROTOR DINÂMICO UTILIZANDO SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL	
<i>Estevão Fuzaro de Almeida</i>	
<i>Luiz Gustavo Pereira Roéfero</i>	
<i>Fábio Roberto Chavarette</i>	
<i>Roberto Outa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050420	
CAPÍTULO 21	245
DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA BAJA SAE E DO GERENCIAMENTO DA EQUIPE NO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFANOR	
<i>Wictor Gomes De Oliveira</i>	
<i>João Paulo Correia Teixeira</i>	
<i>Vitor Fernandes Mendes Martins</i>	
<i>Tulio Rosine Martins De Souza</i>	
<i>Bruno De Oliveira Carvalho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.46319050421	
SOBRE OS ORGANIZADORES	247

DESENVOLVIMENTO DE UM MARTELETE ELETROMECAÂNICO DESTINADO AO FORJAMENTO DE FACAS ARTESANAIS

Cassiano Arruda

UFU – Universidade Federal de Uberlândia –
Faculdade de Engenharia Mecânica.
Uberlândia - MG.

André Garcia Cunha Filho

UFU – Universidade Federal de Uberlândia –
Faculdade de Engenharia Mecânica.

Antônio Marcos Gonçalves de Lima

UFU – Universidade Federal de Uberlândia –
Faculdade de Engenharia Mecânica.
Uberlândia - MG.

RESUMO: O processo artesanal de fabricação de facas é constituído basicamente de três etapas principais: escolha de um aço de boa qualidade, forjamento e acabamento. Destes processos, o forjamento é o que demanda maior conhecimento das propriedades do material, pois estas definirão a qualidade final do produto. Neste contexto, pode ser citado o aço damasco como sendo um material que possui não somente as características desejadas em uma faca, como também é de uma beleza única, fato que eleva consideravelmente seu valor agregado. Entretanto, a produção do damasco é fisicamente muito difícil, pois demanda de elevado esforço físico, podendo ser inviável para quem deseja fabricá-lo. Portanto, este trabalho destina-se a concepção e análise deste tipo de ferramenta haja vista seu custo e

facilidade de fabricação, tornando-a viável para os cuteleiros locais, já que, após uma pesquisa no mercado brasileiro, nenhum fabricante de martetele eletromecânico de pequeno porte foi encontrado.

PALAVRAS-CHAVE: Martetele, eletromecânico e aço damasco.

ABSTRACT: Handcrafting process of knives consists basically of three main steps: choosing a good quality steel, forging and finishing process. From these processes, forging demands specific knowledge of material's properties, since it will define the final quality of the product. In this context, damascus steel can be cited as being a material that has not only the characteristics desired within a knife, but also of a unique beauty, factor that considerably increases value-added. However, the production of damascus is physically very difficult, due to the high physical effort demanded possibly making it may infeasible for those who wish to manufacture it. Therefore, this work aims to present the design of an electromechanical forging hammer having low cost, small size and ease to be built, making it possible for local cutlery makers to afford or build it. After researching Brazilian market, no manufacturer of such machines was found.

KEYWORDS: Hammer, electromechanical and damascus steel.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Pazini (2011), a fabricação do aço damasco ocorre através do caldeamento de várias camadas alternadas de ferro maleável e de aços temperáveis com alto teor de carbono. Este processo consiste na soldagem destes metais através do choque mecânico em alta temperatura e é realizado por meio do uso de um martelo, de uma prensa hidráulica ou através do martelo manual e da bigorna, sendo este último extremamente desgastante fisicamente. Sendo assim, é de extrema importância para um couteleiro, a utilização de uma máquina no processo de caldeamento.

Atualmente é possível encontrar no mercado diversos tipos de marteletes e é notável que estes podem ser divididos em dois grandes grupos, sendo o primeiro referente aos marteletes de grande porte encontrados nas indústrias, que normalmente possuem um funcionamento pneumático ou hidráulico. O segundo grupo envolve todos os marteletes eletromecânicos de pequeno porte. No Brasil, quando se deseja adquirir um equipamento deste último tipo, altos valores de comprar são envolvidos. Para contornar esta dificuldade, couteleiros usualmente os concebem por meio de adaptações rudimentares que resultam em máquinas pouco eficientes, mas que apresentam baixos custos devido sua simplicidade. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de contribuir para a melhoria dos marteletes do segundo grupo fazendo uso de conceitos da engenharia mecânica. Desta maneira, os pequenos e médios produtores de facas artesanais poderão usufruir de uma máquina mais eficiente, a qual é capaz de suprir suas necessidades apresentando vantagens econômicas. Sendo assim, este trabalho tem como propósito a elaboração, o desenvolvimento e a análise de um martelete eletromecânico baseado em ideias já existentes, com o fim de obter um estudo cinemático e dinâmico do funcionamento desta máquina viabilizando uma futura otimização.

Neste contexto, Zhang (2013) mostra que a análise do movimento de um martelete permite controlar parâmetros que influenciam diretamente na velocidade, deslocamento e energia cinética do mesmo. Esta análise pode ser realizada por meio do programa computacional Solidworks®, que oferece dados a serem utilizados para modificar o martelete, economizando energia e melhorando sua eficiência.

2 | METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos que fundamentam todas as análises cinemáticas e dinâmicas do martelete eletromecânico, bem como todas as suposições realizadas para permitir uma análise analítica do problema.

É mostrado também, o processo de amadurecimento da máquina, onde a partir de uma versão inicial concebida por um couteleiro local, é proposta uma primeira melhoria no que tange a característica do mecanismo.

2.1 Concepção do Martetele

O ponto de partida para a concepção do martetele foi baseado nas necessidades e na idealização de um produtor local, sendo sua ideia representada no programa computacional Solidworks® e mostrada na Fig. 1. Esta imagem não contempla o motor elétrico que gerará toda a potência do mecanismo, porém o mesmo será fixado à viga em meia altura de tal maneira que uma correia seja conectada à polia.



Figura 1. Primeira versão do martetele

A polia, vista na parte de trás do mecanismo, transmitirá o movimento para o excêntrico por meio de um eixo e este é ligado a um mecanismo absorvedor de impacto formado por quatro barras e uma mola. Este mecanismo de absorção é necessário para suavizar o efeito do impacto do martelo em seus componentes mecânicos e elétricos. Um impacto seco, apesar de gerar grande deformação na peça forjada, é nocivo para toda a máquina. Este martelo deslizará dentro de uma guia para garantir movimento puramente vertical.

A partir desta idealização, duas mudanças principais foram feitas. A primeira é a substituição do excêntrico por uma manivela que possui dimensões menores, de modo que o movimento é suavizado pela remoção de massa. Já a segunda alteração é o reposicionamento da mola no mecanismo de absorção, de modo que, quando houver impacto, a mola será comprimida, ao invés de tracionada, veja a Fig. 2.

A partir deste último conceito, as análises cinemáticas e mecânicas serão realizadas.



Figura 2. Segunda versão do martelete

2.2 Análise Cinemática

A primeira análise realizada neste trabalho, foi a simulação por meio do programa computacional Solidworks[®] da cinemática dos componentes mecânicos do martelete. Desta avaliação, é possível descrever completamente todo o campo de deslocamento, velocidade e aceleração de qualquer ponto móvel. Desta maneira, estes dados serão utilizados para validar as equações do movimento que serão encontradas a partir de um modelo analítico. Neste caso, aspectos como massa não são considerados, bem como as geometrias dos componentes. O que é feito, é utilização de vetores no espaço que representam estes componentes. Desta maneira, o deslocamento dos pontos principais do mecanismo é definido por estes vetores posição, como pode ser visto na Fig. (3). Outro ponto importante a destacar, é que será visto mais a frente que o mecanismo de absorção de impacto será simplificado de maneira drástica a uma simples barra.

O sistema de referência utilizado no estudo do mecanismo de barras é o de coordenadas cartesianas inercial (x-y-z), cuja origem é o ponto A, como mostrado na Fig. (3), e sua base canônica é definida pelos vetores unitários $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ os quais são constantes em módulo e direção e, desta maneira, apresentam derivadas em função do tempo nulas.

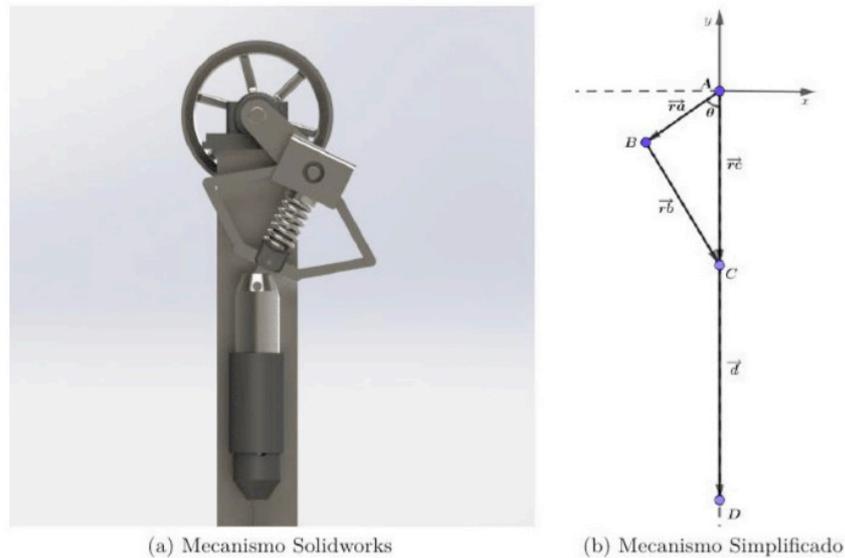


Figura 3. Simplificação do mecanismo

Na Figura 3, o vetor \vec{r}_c é o vetor que tem origem no ponto A e define a posição de C. Este vetor foi criado para facilitar a análise do movimento e não representa nenhum componente do martetele. Desta maneira, este vetor representará o deslocamento puramente vertical do elemento martelo em relação ao referencial inercial (x-y-z).

O conjunto de componentes que caracterizam o movimento do martelo podem ser associados ao conjunto (Manivela (\overline{AB}) - Biela (\overline{BC}) - Pistão (\overline{CD})), onde a manivela corresponde ao componente que rotaciona, a biela ao mecanismo de absorção de impacto e o pistão ao martelo. Os pontos de interesse para a análise cinemática são o ponto B, o ponto C e o centro de gravidade da biela, pois os mesmos serão importantes para a análise dinâmica do movimento e permitirão obter a potência necessária do motor para movimentar o martetele, como será apresentado a frente.

O vetor \vec{r}_a , que representa a manivela do mecanismo, é um vetor rotativo, logo possui módulo constante. Desta maneira a grandeza utilizada para quantificar seu movimento é o ângulo θ que é aquele entre o vetor \vec{r}_a e $-\vec{j}$ do eixo de referência. O módulo da velocidade angular da manivela é representado por $\dot{\theta} = \omega$, que representa a variação de θ com o tempo, a qual é consequência da velocidade de rotação do motor. Tem-se que $\vec{\omega} = \dot{\theta} \vec{k}$ logo possui a direção, \vec{k} , ou seja, perpendicular ao plano (x-y), o qual é representado na Fig. 3. O sentido de $\vec{\omega}$ obedece a regra da mão direita.

É imposta como condição de operação uma rotação de 100 RPM ao módulo da velocidade angular da manivela, que equivale à $3,3333 \pi$ rad/s. Para representar a dependência do tempo, o ângulo θ pode ser descrito como segue.

$$\theta = \omega t + \varphi \quad (1)$$

onde φ representa o ângulo de fase, que para esta análise é 0 rad.

O martelo executa um movimento de translação pura, sendo assim, o movimento do deste pode ser caracterizado pelo ponto C, que é a extremidade superior do martelo. A seguir é definido a posição, a velocidade e a aceleração deste ponto.

Segundo Flores & Pimenta (2007), para um sistema semelhante (Manivela-Biela-Pistão), a posição do ponto C é definida pela Eq. (2).

$$r_c(t) = r_a \cos(\theta) + r_b \sqrt{1 - \frac{r_a^2}{r_b^2} \sin^2(\theta)} \quad (2)$$

Os valores de r_a e r_b equivalem aos comprimentos da manivela e da biela, respectivamente, e valem, para o martetele em estudo, $r_a = 0,1586$ m e $r_b = 0,2540$ m.

Sendo posicionado um sistema de referência (X-Y) não inercial no ponto C, a ponta do martetele tem posição $\langle 0\vec{i} - 0,43\vec{j} \rangle$ em relação a este sistema, pois 0,43 metros corresponde ao comprimento do martetele.

A expressão que representa a velocidade do ponto C, pode ser encontrada derivando-se a Eq. (2) em relação ao tempo.

$$v_c(t) = \frac{dr_c(t)}{dt} = -r_a \omega \sin(\omega t) - \frac{r_a^2 \omega \cos(\omega t) + \sin(\omega t)}{r_b \sqrt{1 - \frac{r_a^2}{r_b^2} \sin^2(\omega t)}} \quad (3)$$

E a aceleração, derivando duas vezes a Eq. (2).

$$a_c(t) = \frac{dv_c(t)}{dt} = -r_a \cos(\omega t) \omega^2 - \frac{r_a^4 \sin^2(\omega t) \cos^2(\omega t) \omega^2}{r_b^3 (1 - \frac{r_a^2}{r_b^2} \sin^2(\omega t))} - \frac{r_a^2 \cos^2(\omega t) \omega^2}{r_b \sqrt{1 - \frac{r_a^2}{r_b^2} \sin^2(\omega t)}} + \frac{r_a^2 \sin^2(\omega t) \omega^2}{r_b \sqrt{1 - \frac{r_a^2}{r_b^2} \sin^2(\omega t)}} \quad (4)$$

Como a biela executa um movimento plano geral, que pode ser composto por translação e rotação simultaneamente, cada ponto pertencente ao segmento da biela apresenta valores diferentes de posição, velocidade e aceleração em relação ao sistema de referência (x-y-z). Sendo assim, as equações do movimento da biela são definidas para seu centro de gravidade. O mesmo está presente no eixo de simetria vertical da biela e tem altura de 183,8 mm a partir do pino inferior que faz contato com o mecanismo.

Para escrever o vetor posição do CG da biela, foi utilizado um sistema de referência não inercial (X-Y), o qual tem origem no ponto C e que, conseqüentemente, translada verticalmente. Sendo assim, para definir a posição de C em relação a (x-y), é necessário primeiramente definir sua posição em relação a (X-Y) e a posição do sistema de referência não inercial (X-Y) em relação ao sistema inercial (x-y), pois o deslocamento de C será caracterizado pela soma destes dois movimentos, como a seguir.

Posição de C em relação a (x-y) = Posição de C em relação a (X-Y) + Posição de (X-Y) em relação a (x-y).

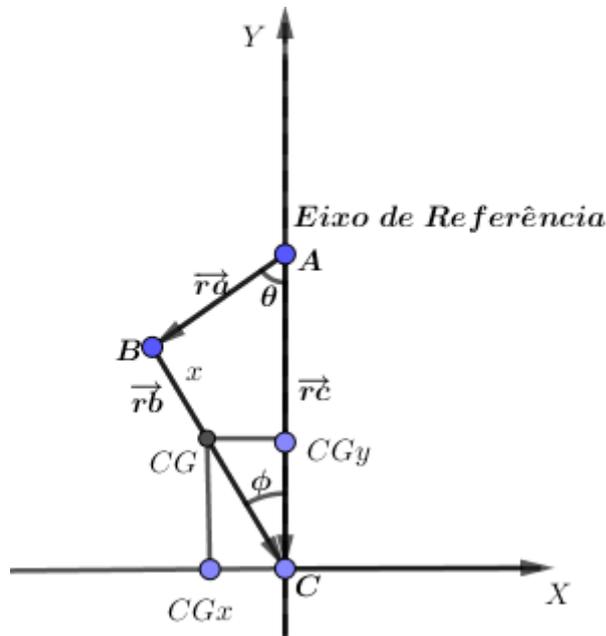


Figura 4. Localização do CG da biela

Para descrever a posição do CG em termos de \vec{i} e \vec{j} , a distância entre os pontos B e CG foi chamada de x conforme ilustrado na Fig. (4). A decomposição da posição do CG está representada nas Eqs. (5) e (6).

$$r_b \vec{j}_{XY} = (r_b - x) \cos(\phi) \quad (5)$$

$$r_b \vec{i}_{XY} = (r_b - x) \text{sen}(\phi) \quad (6)$$

Portanto, em relação ao sistema de referência inercial (x-y-z), a posição do CG da biela está contida nas Eqs. (7) e (8).

$$r_b \vec{i} = \frac{(r_b - x) r_a \text{sen}(\omega t)}{r_b} \quad (7)$$

$$r_b \vec{j} = r_a \cos(\omega t) + x \sqrt{1 - \text{sen}^2(\theta)} \frac{r_a^2}{r_b^2} \quad (8)$$

As velocidades e as acelerações de cada componente são dadas através da derivada primeira e derivada segunda da posição em relação ao tempo e são apresentadas nas Eqs. (9), (10), (11) e (12).

$$\vec{v}_b \vec{i} = \frac{dr_b \vec{i}}{dt} = \frac{(r_b - x) r_a \cos(\omega t) \omega}{r_b} \quad (9)$$

$$\vec{a}_b \vec{i} = \frac{dv_b \vec{i}}{dt} = -\frac{(r_b - x) r_a \text{sen}^2(\omega t) \omega^2}{r_b} \quad (10)$$

$$\vec{v}_{b,j} = \frac{d\vec{b}_j}{dt} = -r_a \text{sen}(\omega t) \omega - \frac{x r_a^2 \text{sen}(\omega t) \cos(\omega t) \omega}{\sqrt{1 - \frac{r_a^2 \text{sen}^2(\omega t)}{r_b^2}} r_b^2} \quad (11)$$

$$\vec{a}_{b,j} = \frac{d\vec{v}_{b,j}}{dt} = -r_a \cos(\omega t) \omega^2 - \frac{x r_a^4 \text{sen}^2(\omega t) \cos^2(\omega t) \omega^2}{(1 - \frac{r_a^2 \text{sen}^2(\omega t)}{r_b^2}) \frac{3r_b^4}{2}} - \frac{x r_a^2 \cos^2(\omega t) \omega^2}{\sqrt{1 - \frac{r_a^2 \text{sen}^2(\omega t)}{r_b^2}} r_b^2} + \frac{x r_a^2 \text{sen}^2(\omega t) \omega^2}{\sqrt{1 - \frac{r_a^2 \text{sen}^2(\omega t)}{r_b^2}} r_b^2} \quad (12)$$

Tendo definido a cinemática do problema, a massa, bem como a geometria dos componentes serão contempladas para se determinar a dinâmica do mecanismo.

2.3 Análise Dinâmica

A partir da análise cinemática apresentada, foi desenvolvido também uma análise dinâmica, separando-se novamente os componentes do movimento e analisando os diagramas de corpo livre.

As massas dos componentes, que são apresentadas a seguir, serão parametrizadas pelos seus comprimentos, para facilitar futura otimização.

Massa 1 = Massa da manivela + massa do eixo + massa da chaveta entre a manivela e o eixo: 7,1700 kg.

Massa 2 = Massa da biela + massa do pino entre a manivela e a biela: 7,2693 kg.

Massa 3 = Massa do martelo + massa do pino entre a biela e o martelo: 19,4809 kg.

Para a parametrização da massa, foi definida uma constante para representar a área da seção transversal do martelo, admitida constante, e da mesma maneira para a biela e para o martelo. Sendo d a densidade.

$$d = \frac{m}{V} \quad (13)$$

$$A_{a1} = \frac{m_1}{d_{manivela} r_a} = 5,8712^{-6} [m^2] \quad (14)$$

$$A_{a2} = \frac{m_2}{d_{biela} r_b} = 3,7168^{-6} [m^2] \quad (15)$$

$$A_{a3} = \frac{m_3}{d_{martelo} r_c} = 5,8837^{-6} [m^2] \quad (16)$$

A massa pode ser reescrita como parâmetro do comprimento, utilizando-se a constante criada.

$$m_{prmt1} = d A_{a1} r_a = 45,2084 r_a \quad (17)$$

$$m_{prmt2} = d A_{a2} r_b = 28,6194 r_b \quad (18)$$

$$m_{prmt3} = dA_{a3}r_c = 45,3044r_c \quad (19)$$

A partir da análise de forças de cada corpo, é possível notar que, na manivela, estão presentes a força peso devido sua massa, uma força F_1 que é a força resultante na mesma e F_{12} que é a força de reação entre a manivela e a biela, a qual é transmitida por meio de um pino.

Já na biela, as forças presentes são F_{12} que é a força de reação apresentada anteriormente, F_2 que é a força resultante na biela F_{23} que é a força de reação entre a biela e o martelo, a qual também é transmitida por um pino, e P_2 que é a força peso devido a massa da biela. A relação entre estas formas é apresentada nas Eqs. (20), (21) e (22).

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_2 + \vec{P}_2 - \vec{F}_{23} \quad (20)$$

$$F_{12}\vec{i} = F_2\vec{i} - F_{23}\vec{i} \quad (21)$$

$$F_{12}\vec{j} = F_2\vec{j} + P_2\vec{j} - F_{23}\vec{j} \quad (22)$$

Por último, as forças presentes no martelo são P_3 que é a força peso deste, $P_3\vec{j}$ que é a componente vertical da força de reação entre o martelo e a biela e F_3 que é a força resultante no martelo. Como na Eq. (23).

$$F_{23}\vec{j} = -P_3\vec{j} + F_3\vec{j} \quad (23)$$

Para a determinação das forças, o martelo é analisado. Através de sua aceleração $a_c(t)$, é possível escrever F_3 como na Eq. (24). Sendo g o módulo da aceleração gravitacional.

$$\vec{F}_3 = m_{prmt3}\vec{a}_c(t) \quad (24)$$

E a força peso como na Eq. (25).

$$\vec{P}_3 = m_{prmt3}\vec{g} \quad (25)$$

Então, a força de reação $F_{23}\vec{j}$ é apresentada na Eq. (26).

$$F_{23}\vec{j} = m_{prmt3}(a_c(t) + g)\vec{j} \quad (26)$$

A força F_{23} pode ser encontrada como nas Eqs. (27) e (28).

$$\vec{F}_{23} = \frac{F_{23} \vec{j}}{\sqrt{1 - \text{sen}^2(\omega t) \frac{r_a^2}{r_b^2}}} \quad (27)$$

$$F_{23} \vec{i} = F_{23} \text{sen}(\phi) \vec{i} = F_{23} \text{sen}(\theta) \frac{r_a}{r_b} \vec{i} \quad (28)$$

Através da força de reação F_{23} e da aceleração da biela $a_b \vec{i}$ e $a_b \vec{j}$ já apresentadas, é possível escrever F_2 como nas Eqs. (29) e (30).

$$F_2 \vec{i} = m_{prmt2} a_b \vec{i} \quad (29)$$

$$F_2 \vec{j} = m_{prmt2} a_b \vec{j} \quad (30)$$

Então, F_{12} é descrita como nas Eqs. (31) e (32).

$$F_{12} \vec{i} = m_{prmt2} a_b \vec{i} - F_{23} \text{sen}(\theta) \frac{r_a}{r_b} \vec{i} \quad (31)$$

$$F_{12} \vec{j} = m_{prmt2} a_b \vec{j} + m_{prmt2} g \vec{j} - m_{prmt3} (a_C(t) + g) \vec{j} \quad (32)$$

A partir da F_{12} , é possível obter o torque na manivela. Seja $F_{12} p$ a componente de F_{12} que é perpendicular a manivela, então, $F_{12} p \vec{i}$ e $F_{12} p \vec{j}$ são as decomposições desta força.

A direção perpendicular à manivela é dada pelo versor da velocidade da mesma, como nas Eqs. (33) e (34).

$$\text{vet}_v \vec{i} = -\omega r_a \cos(\omega t) \vec{i} \quad (33)$$

$$\text{vet}_v \vec{j} = \omega r_a \text{sen}(\omega t) \vec{j} \quad (34)$$

Seja $movv$ o módulo do vetor velocidade.

$$movv = \sqrt{(\text{vet}_v \vec{i})^2 + (\text{vet}_v \vec{j})^2} \quad (35)$$

Seja $v \vec{i}$ a componente horizontal do versor da velocidade e $v \vec{j}$ a componente vertical do versor da velocidade.

$$v \vec{i} = \frac{\text{vet}_v \vec{i}}{|movv|} \quad (36)$$

$$\vec{v}j = \frac{vet_v j}{|movv|} \quad (37)$$

$$F_{12p} \vec{i} = F_{12} \vec{i} v v \vec{i} \quad (38)$$

$$F_{12p} \vec{j} = F_{12} \vec{j} v v \vec{j} \quad (39)$$

Então, a componente de F_{12} perpendicular a manivela é:

$$\vec{F}_{12p} = F_{12p} \vec{i} + F_{12p} \vec{j} \quad (40)$$

A partir da força perpendicular à manivela, o torque, T, é apresentado na Eq. (41).

$$T = r_a F_{12p} \quad (41)$$

E a potência, P, necessária para movimentar o martetele é descrita na Eq. (42)

$$P = T \omega \quad (42)$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do desenvolvimento apresentado, foi possível obter valores de importantes grandezas que caracterizam o martetele. A seguir são apresentados os comportamentos destas grandezas em função do tempo, as quais poderão ser utilizadas, juntamente com as equações apresentadas para aprimorar a máquina em questão.

A Figura 5 apresenta a velocidade do martetele. No gráfico são comparados os valores obtidos através do modelo analítico e a simulação feita pelo Solidworks®.

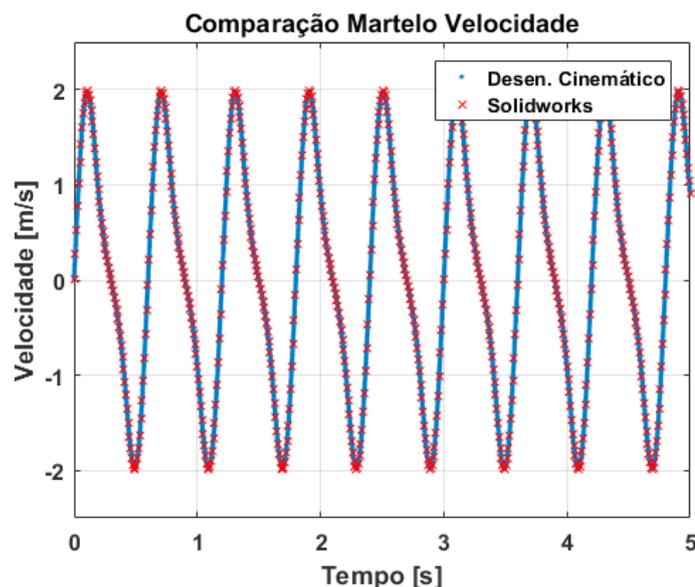


Figura 5. Velocidade do martetele

A partir do desenvolvimento apresentado, foi obtido o valor da força resultante no martetele e a potência do motor necessária para movimentar a máquina. Estes gráficos

são apresentados na Fig. (6) e Fig. (7), respectivamente.

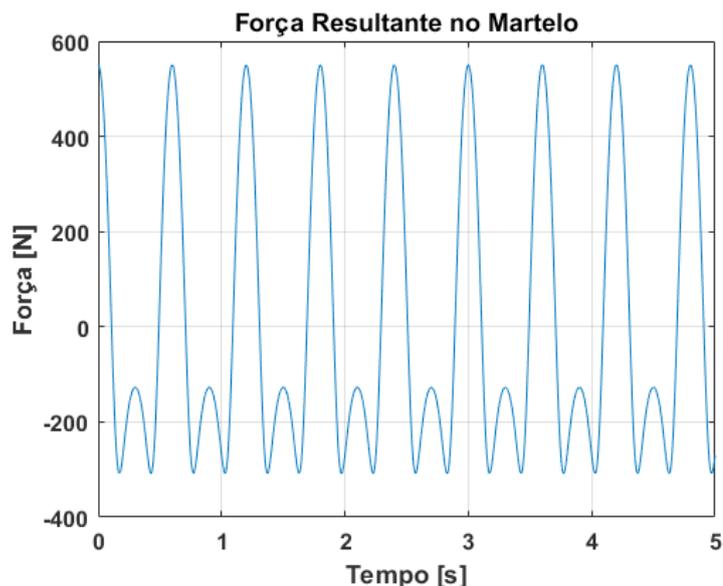


Figura 6. Força resultante no martelo

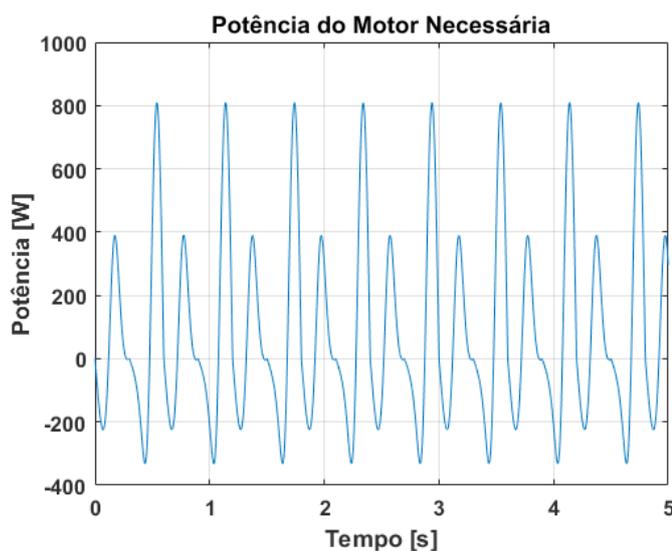


Figura 7. Potência necessária do motor

Sendo 809,1 W a potência máxima necessária para movimentar o martetele, valor que corresponde a aproximadamente 1,1 CV, conclui-se que é necessário um motor com potência acima de 1,1 CV para que a máquina funcione como na situação apresentada.

4 | CONCLUSÃO

O trabalho apresentado apresenta a concepção de um martetelele eletromecânico, o qual poderá ser utilizado no processo de caldeamento de facas de aço damasco. Esta concepção, juntamente com a análise cinemática e dinâmica feita, possibilitarão uma futura otimização do mesmo, contribuindo então com o projeto de um martetelele

eficiente e acessível para pequenos e médios produtores de facas. Além disso, após a conclusão do projeto, será iniciado o processo de construção, seguido de uma análise experimental, de modo que, este trabalho forneça toda a informação necessária para que os cutedeiros da região tenham acesso à um martelete eficiente.

REFERÊNCIAS

Flores, P. e Pimenta Claro, J. C., 2007, "Cinemática de Mecanismos", Ed. Almedina, S.A., Coimbra, Portugal.

Pazini, H., 2011, "Propriedades Mecânicas da Liga de Aço Damasco SAE 5160+UHB 15N20", UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brazil.

Zhang, Y. J., 2013, "Study on Dynamic Simulation of Hydraulic Die Forging Hammer Based on VPT", Advanced Materials Research, College of electrical & information engineering, Xuchang University, 461000, China.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

João Dallamuta - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-246-3

