

Thiago Santana de Oliveira

INICIAÇÃO CIENTÍFICA NA ENGENHARIA MECÂNICA



Pascal
Editora

2019

THIAGO SANTANA DE OLIVEIRA
(Organizador)

INICIAÇÃO CIENTÍFICA
NA
ENGENHARIA MECÂNICA

EDITORA PASCAL
2019

2019 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Prof. M.Sc. Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Prof. Dr. Raimundo Luna Neres

Prof. Dr. Raimundo J. Barbosa Brandão

Prof. Dr. Saulo José Figueredo Mendes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I56u

Coletânea Iniciação Científica da Engenharia Mecânica / Thiago Santana de Oliveira (Org). São Luís (MA): Editora Pascal, 2019.

128 p. il.; 1 v.

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-80751-02-0

D.O.I.: 10.29327/5.2617

1. Engenharia 2. Análise 3. Tecnologia I. Título

CDD: 670.1

CDU: 82-8

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

2019

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

A Editora Pascal LTDA em parceria com a Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Pitágoras São Luís apresenta Coletânea Iniciação Científica da Engenharia Mecânica. Esta obra é oriunda dos trabalhos apresentados no evento III Mostra Científica de Engenharia Mecânica - ICEMEC. O ICEMEC tem o intuito proporcionar ao corpo discente e docente da Engenharia Mecânica, exposição e debate acadêmico sobre o tema da pesquisa científica na área da engenharia. O objetivo principal foi estimular a aproximação entre professores, pesquisadores, gestores e graduandos da Engenharia Mecânica com a iniciação científica e promover produção científica para a Faculdade Pitágoras.

Thiago Santana de Oliveira
Organizador

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	9
USO DO PROTOCOLO MQTT E DO SOFTWARE Node-RED PARA A CRIAÇÃO DE DASHBOARD DE INFORMAÇÕES DE DISPOSITIVOS PARA A INTERNET DAS COISAS (IoT)	
Antônio Belfort Campos Neto, Jeffeson Pereira de Sousa, Jhonata da Silva Mendes, Edil James de Jesus Nascimento, João Antunes Lapa Filho, Wagner Elvio de Loiola Costa	
CAPÍTULO 2	15
USO DE UM CONTROLADOR PID (Proporcional, Integral e Derivativo) PARA MONITORAR A TEMPERATURA COM O USO DE UM PLC	
Eliziane Rocha, Isac Costa, Nadla Rose, André Luis Gomes de Sousa, Wagner Elvio de Loiola Costa, Wellington Santos Araújo	
CAPÍTULO 3	21
FERRAMENTAS DA QUALIDADE: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA MELHORIA NA GESTÃO DE DEMANDAS	
Luiz Henrique Costa Ferreira, Klayton dos Santos Barbosa, Deyvison José da Silva Leitão, Sidney Leonardo da Silva Sousa, Ramilton Araújo Silva, Eduardo Mendonça Pinheiro	
CAPÍTULO 4	28
USO DA PLATAFORMA ZABBIX PARA O ENVIO DE INFORMAÇÕES SOBRE O STATUS DE DISPOSITIVOS LOCALIZADOS NO CHÃO DE FÁBRICA À REDE CORPORATIVA	
Antônio Belfort Campos Neto, Jeffeson Pereira de Sousa, Jhonata da Silva Mendes, Wilkerlon Cutrim Serra Almeida, André Luis Gomes de Sousa, Wagner Elvio de Loiola Costa	
CAPÍTULO 5	34
ANÁLISE DE QUALIDADE DE COMBUSTÍVEL EM POSTOS DE SÃO LUÍS	
Diego de Sousa Costa, Francisco Euder Rebouças do Rosário, Josiane Valadares Rego, Joseni Martins Ferreira, Lulirgiane de Jesus Borges Costa, Luís Fernando Xavier Macedo, Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira	
CAPÍTULO 6	39
ANÁLISE DA VIBRAÇÃO NO PROCESSO DE TORNEAMENTO UTILIZANDO O PLANEJAMENTO DOEHLERT	
Antônio Belfort Campos Neto, Jeffeson Pereira de Sousa, André Luís Weber Buonocore, Rubens Soeiro Gonçalves, Antônio Santos Araújo Júnior	
CAPÍTULO 7	47
BANCADA EDUCACIONAL PARA ESTUDO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MANCAIS DE ROLAMENTO	

Bruno Endreu Ferreira Almeida, Rubia Ribeiro Almeida, Charlon Moura de Oliveira, José Wilson Coelho Sousa

CAPÍTULO 8 52

SIMULAÇÃO DE UM CIRCUITO TÉRMICO DO CICLO POR COMPRESSÃO DE VAPOR UTILIZANDO O SOFTWARE CRE 1.0: ESTUDO DE UM APARELHO DE AR CONDICIONADO CONCEITUAL COMPARANDO A POTÊNCIA DESENVOLVIDA NO COMPRESSOR, COEFICIENTE DE PERFORMANCE E CUSTO DA ENERGIA CONSUMIDA PARA OS REFRIGERANTES R22 E R134A

Ayrton Campos Pestana, Ingrid Gomes Pereira, Luiz Henrique Costa Ferreira, Sérgio Raphael Lopes Buratto, Swanny Vila Nova Leite, Isaque Silva dos Santos

CAPÍTULO 9 57

ANÁLISE DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM ROLAMENTOS RIGIDOS DE ESFERAS

Angelo Gonzaga Pereira, José Dílson rabelo, Samuel Vilela Santana, José Wilson Coelho de Sousa

CAPÍTULO 10 62

IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO PARA MÉDIAS E PEQUENAS EMPRESAS

Klayton Barbosa, Anderson Cunha Duarte, Sidney Leonardo Sousa, Deyvisson José Leitão, Mary Jouse Martins, Prof. Me. Eduardo Mendonça Pinheiro

CAPÍTULO 11 66

OTIMIZAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS ATRAVÉS DE GARAGEM MODULADA

Islanny Baldez Diniz, Jean Pablo da Silva Souza, Josiane Valadares Rego, Lucas Henrique Cabral, Ralena Negreiros Soares, Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

CAPÍTULO 12 71

INFLUÊNCIA DO DOMÍNIO DE UMA INCERTEZA EM RESULTADOS DE MEDIÇÕES COM PAQUÍMETRO

Igor Assilon Melo Gomes, Joaquim Cantanhede de Castro, Robert William Nogueira dos Santos, William Pereira Sarges, Mayara Flora Marinho Aires

CAPÍTULO 13 77

RESOLUÇÃO DE PAQUÍMETROS COMO FONTE DE INCERTEZA EM PROCESSOS DE MEDIÇÃO

Igor Assilon Melo Gomes, Joaquim Cantanhede de Castro, Robert William Nogueira dos Santos, William Pereira Sarges, Mayara Flora Marinho Aires

CAPÍTULO 14 83

PROCESSO DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO

Luís Fernando Amorim da Silva, Nilbert Santos Paurá, Raimundo Nonato Silva de Sousa, Rodrigo Soares do Lago, Eduardo Mendonça Pinheiro

CAPÍTULO 15	89
ESTUDO TEÓRICO DA MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	
Sidiane Santos Campos, Johnny Alves Ferreira, Alam Costa Maranhão, Eduardo Mendonça Pinheiro	
CAPÍTULO 16	95
A MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E A REVOLUÇÃO 4.0	
Dedino Melo, Igor Oliveira, Jerusa Perla, Lothar Vilar, Murilo Longue, Rodrigo Ferreira	
CAPÍTULO 17	99
O PROCESSO RERREFINO: RECUPERAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS	
Rayone Amorim da Silva, Gustavo Henrique Chaves Castro, Glauber Ferreira de Almeida, Arthur Alexander Guimarães Garcia, Eduardo Mendonça Pinheiro	
CAPÍTULO 18	105
ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO DE FERRITA E FASE SIGMA NO PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS	
André Isaias, Júlio César, Diego Sousa, Daniel Garcia, Thiago Santana de Oliveira	
CAPÍTULO 19	109
ANÁLISE FLUIDODINÂMICA DE PONTA DE ASA	
Aldenir Joaquim Oliveira Vieira, João Wilker Ribeiro Barros Lima	
CAPÍTULO 20	113
SISTEMA ONLINE DE MONITORAMENTO DA TEMPERATURA EM MANCAIS DE ROLAMENTO	
Diego de Sousa Costa, Francisco Euder Rebouças do Rosário, Josiane Valadares Rego, Lulirgiane de Jesus Borges Costa, Luís Fernando Xavier Macedo, Ygor Luiz Frazão Campos da Silva, Rondymilson de Souza Lopes	
CAPÍTULO 21	118
SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E A RELAÇÃO PRODUTIVIDADE E CUSTO NO DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS PARA AERODESIGN	
Livesonn Sebastião de Sousa Teixeira, Jonas Alvares Silva, João Wilker Ribeiro Barros Lima	
CAPÍTULO 22	122
BANCADA EDUCACIONAL PARA ESTUDO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MANCAIS DE ROLAMENTO	
Antônio Carlos M. Penha, Bruno Endreu Ferreira Almeida, Rubia Ribeiro Almeida, Charlon Moura de Oliveira, Jose Wilson Coelho Sousa	

CAPÍTULO 1

USO DO PROTOCOLO MQTT E DO SOFTWARE Node-RED PARA A CRIAÇÃO DE DASHBOARD DE INFORMAÇÕES DE DISPOSITIVOS PARA A INTERNET DAS COISAS (IoT)

Antônio Belfort Campos Neto, Jeffeson Pereira de Sousa, Jhonata da Silva Mendes, Edil James de Jesus Nascimento, João Antunes Lapa Filho, Wagner Elvio de Loiola Costa

Resumo: A IoT (Internet of Things) possibilita interligar e obter informações de vários dispositivos nos mais variados ramos de atividades (SANTOS, 2019). Inicialmente citado por Kevin Aston nos anos 2000 na universidade MIT – (Massachusetts Institute of Technology). A ideia surgiu no conceito da computação ubíqua, definida por Mark Weiser, que mencionava a computação ubíqua como a terceira onda da computação e que está apenas começando (CONFIGR, 2019). Com o avanços da tecnologia e a produção de microcontroladores e sensores a baixo custo, o termo IoT apresentou um salto considerável na solução de problemas e criação de atividades nas mais variadas áreas como hospitais, clínicas, agropecuária, parque fabril, transporte público, setor de logística, cadeia de suprimentos, gerenciamento de instalações, os sistemas embarcados, os sistemas ciber-físicos (PISCHING, 2019) e setor de automação na indústria (SAS, 2019). Este último deu início quarta fase da revolução industrial, também conhecida como IIOT (Industrial Internet of Things). Neste trabalho será utilizado o protocolo MQTT e o software Node-RED para a construção de um dashboard (painel) para mostrar informações de um sensor de temperatura e que poderá ser acessado através da rede mundial de computadores, a Internet.

Palavras-chave: IoT, Protocolo MQTT, Node-RED, redes Ethernet

1. INTRODUÇÃO

A Internet das coisas, a IoT (*Internet of Things*) consiste na conexão de vários dispositivos e redes de sensores para alimentar as informações que os usuários necessitam em suas aplicações. Informações sobre o *status* de algum evento ou serviço em uma residência, em uma empresa, quantidade de produtos em um estoque, informações de sensores em um chão de fábrica são apenas uma das muitas possibilidades fornecidas pela IoT. Os valores gastos com IOT, segundo (SAS, 2019), alcançou os valores de US\$ 737 bilhões no ano anterior e conforme o IDC, este ano e poderá alcançar a cifra de a US\$ 1,29 trilhão em 2020(SAS, 2019). As informações trocadas entre os dispositivos em uma IoT, necessitam de uma ferramenta que carregue essas informações o mais rápido possível. O protocolo MQTT (MOSQUITTO, 2109) dentre os protocolos disponíveis para IoT apresenta-se com uma vantagem mediante a sua versatilidade e por trabalhar em uma característica de publicar e ler (*publish/subscribe*). Essas informações realizadas pelas redes de sensores em uma aplicação precisam estar disponíveis e de forma apresentável para que decisões sejam criadas com bases nessas informações. O *software* Node-RED (NODE-RED, 2019) apresenta essa característica de obter essas informações, através de um MQTT e disponibilizá-las em um painel (*dashboard*). Os microcontroladores disponíveis (Como Arduino (ARDUINO, 2019) e a família ESP da Espressif (ESP32, 2019), as placas de Raspberry Pi 3 (RASPBerry Pi, 2109), (computadores do tamanho de um cartão de crédito) bem como alguns sensores de uso comercial já estão disponíveis na configuração do *software* Node-RED, facilitando assim a construção de um painel com informações sobre a rede de sensores que se deseja gerenciar em uma IoT.

2. O PROTOCOLO MQTT

O protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) foi desenvolvido pela empresa IBM no final da década de 90 do século passado. A característica deste protocolo é baseado no modelo **Publicador-Subscritor**. É um protocolo de aplicação leve, baseado na topologia *publish/subscribe* para envio de mensagens notificando a ocorrência de algum evento ou informação de um sensor (IBM, 2017). A Figura 01 mostra o funcionamento. Os dispositivos ao redor do *Broker* MQTT, enviam informações (através da capacidade dos equipamentos listados, como **sensores 01, 02 e 03**, mostrados na Figura 01).

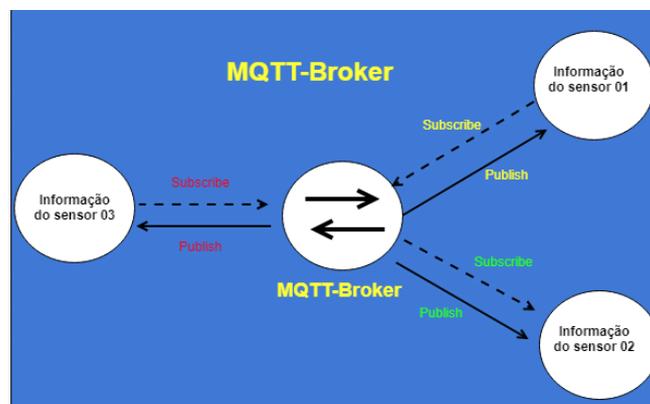


Figura 01 - Infraestrutura do broker MQTT

Fonte: Produção Própria

A maioria dos sistemas IoT possuem a acesso ao protocolo MQTT. As placas com microcontroladores como o Arduino, os componentes da família da ESP-32 possuem suporte ao

protocolo MQTT. Essas informações ficam armazenadas no MQTT-Broker e ficam disponíveis para serem acessados por dispositivos de interfaces que podem acessados por outros dispositivos de IoT.(OLIVEIRA, 2109; MONK, 2019). Há serviços gratuitos e pagos para serem utilizados como um *Broker* MQTT. O eclipse mosquitto é uma versão *opensource*. Há também soluções pagas como: O Microsoft Azure (MICROSOFT, 2109), *Google Cloud Plataform* (GOGOLE, 2109), a *IBM Watson IoT Plataform* (IBM, 2019) e *Amazon AWS* (AMAZON, 2019). Há soluções gratuitas mas limitadas como a do projeto Cayenne (MYCAYENNE, 2109), há também aplicativos para Android para o protocolo MQTT, como o *MQTT Dashboard* (APP MQTT, 2019). O Node-RED (NODE-RED, 2019) é uma ferramenta de programação baseada em fluxo, original desenvolvida pela IBM e agora parte da Fundação JS. É uma ferramenta de desenvolvimento baseada em fluxo para programação visual. A Figura 02 mostra as opções disponíveis na configuração do fluxograma de programação visual do Node-RED. Observa-se que funções de entrada e saída, funções de dashboard, e as placas Raspberry Pi e Arduino.

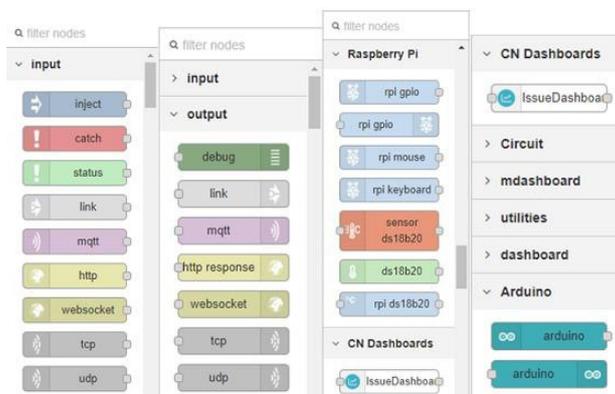


Figura 02-Nós disponíveis nas configurações do Node-RED
Fonte: Produção Própria

3. OBJETIVOS

O objetivo é criar um *dashboard* (painel) para obter as informações e valores de um sensor de temperatura com o uso do protocolo MQTT e do *Node-RED* de forma simples e com um visual adequado para qualquer dispositivo que tenha acesso à Internet, como um micro-computador e/ou um *smartphone*. Foram utilizados para esse propósito um Raspberry Pi 3 e um sensor de temperatura modelo DS18B20 (DS1820B, 2019). O Broker MQTT Mosquitto (MOSQUITTO, 2109), *opensource*, foi utilizado para a coleta dos valores da temperatura e o Node-RED foi utilizado para a montagem do *dashboard* com essas informações desejadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi elaborado com base em pesquisas bibliográficas e uso dos seguintes componentes: Um Raspberry Pi 3, um termômetro DS18B20, um Arduino e um LED. Foram utilizados o *software Raspbian* no *Raspberry Pi3* e o Node-RED para a construção da *Dashboard* para leitura das informações dos valores de temperatura do termômetro de forma fácil e acessível de qualquer local.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos permitem ter acesso às informações do sensor de temperatura de

forma fácil e acessível a qualquer usuário autorizado. Essas informações obtidas, podem ser exibidas em uma página da *web*. Uma melhor infraestrutura pode ser produzida para suporta uma maior quantidade de sensores (Ex. Sensor de unidade, pressão atmosférica e outros que se necessite), conforme a necessidade do projeto.

5.1 Testes Realizados

Foram utilizados os seguintes componentes para a realização dos testes: uma placa com Raspberry PI 3 como sistema Raspbian (RASPBIAN, 2019), o programa O Node-RED (NODE-RED, 2019) para Raspberry Pi 3, o termômetro DB1820B, *software* MQTT Mosquitto no Raspberry Pi 3. A Figura 03, mostra o *layout* com as ligações dos componentes citados.

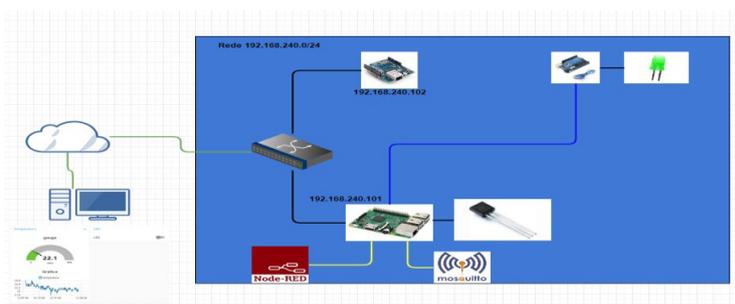


Figura 03-Infraestrutura com o Raspberry PI3, Node-Rede, Mosquitto Broker e os componentes.
Fonte: Produção Própria

Após as configurações no Node-RED do termômetro, com o uso do broker MQQ Mosquitto, observou as medidas coletadas do valor da temperatura, conforme está mostrado na Figuras 04 e 05.

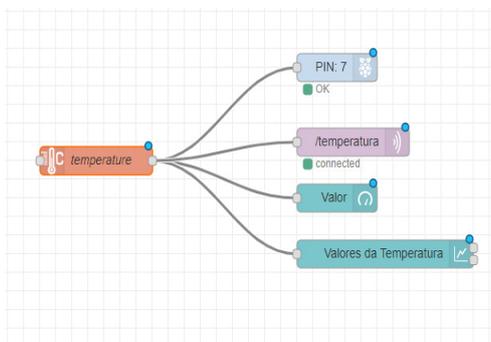


Figura 04-Configurações do Raspberry Pi 3, o termômetro e do MQTT no Node-RED
Fonte: Produção Própria

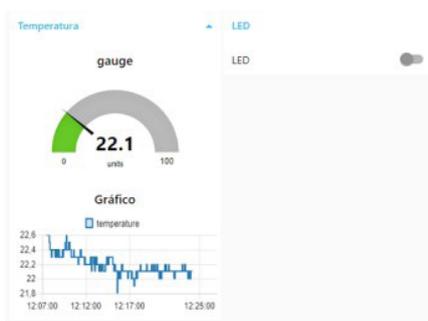


Figura 05-Valores obtidos em um Dashboard
Fonte: Produção Própria

Também foi utilizado um Arduino com um LED para acionamento a distância. Essa placa Arduino e o componente LED foram configurados no Node-Red, conforme mostrados nas Figura 06.

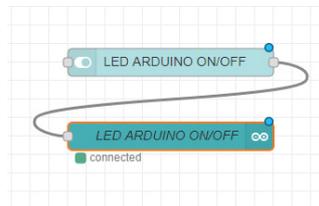


Figura 06-Configurações da placa Arduino e do LED no Node-Red
Fonte: Produção Própria

O valor da temperatura obtido pela opção *mosquito_sub*, conforme mostrado na Figura 07, pode também ser observado em um terminal do Raspbian para comprovar que o broker MQTT Mosquito está publicando as informações do tópico */temperatura*.

```
Client mosqsub|6403-broker sending CONNECT
Client mosqsub|6403-broker received CONNACK (0)
Client mosqsub|6403-broker sending SUBSCRIBE (Mid: 1, Topic: /temperatura, QoS: 0)
Client mosqsub|6403-broker received SUBACK
Subscribed (mid: 1): 0
Client mosqsub|6403-broker received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, '/temperatura', ... (4 bytes))
/temperatura 22.4
Client mosqsub|6403-broker received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, '/temperatura', ... (4 bytes))
/temperatura 22.4
```

Figura 07-Leitura do tópico /temperatura no broker MQTT Mosquitto.
Fonte: Produção Própria

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou que as informações de alguns sensores na IoT podem ser obtidas de forma eficiente com o uso do protocolo MQTT e torná-las disponíveis em um *dashboard* (painel) com o uso do *software* Node-RED. Essas informações podem facilmente serem compartilhadas através da rede Ethernet através de simples informações em um servidor *web* e que podem ser vistas em estações de trabalho que tenha credenciais de acesso ou através de um aplicativo em um *smartphone*. Soluções comerciais de MQTT já estão disponíveis. O MQTT Mosquito e que é *opensource*, atende muito bem as soluções de pequeno e médio porte.

Referências

AMAZON. AWS IoT. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/iot/>> Acesso em 10 de abr. de 2019.

APP MQTT. App MQTT Dash. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.routix.mqttdash&hl=pt_BR> Acesso em 10 de abr. de 2019.

ARDUINO. Download the Arduino IDE. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

BROKER MQTT. Instalar o broker MQTT Mosquitto na Raspberry Pi (Automação Residencial) [RPi #03]. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gQhSyAmnGgY>> Acesso em 20 de abr. de 2019.

CONFIGR. Entendendo mais sobre a Internet das coisas (IoT). Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html>. Acesso em: 20 abr. 2019.



DS18B20. Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer Disponível em: <<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>. Acesso em 15 abr. de 2019.

ESP32. A Different IoT Power and Performance. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

GOOGLE. Google Cloud. Disponível em: <<https://cloud.google.com/>> Acesso em 06 de abr. de 2019.

HP Enterprise. O que é IIoT? Disponível em: <<https://www.hpe.com/br/pt/what-is/industrial-iot.html>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

IBM. **IBM Watson**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/watson/>> Acesso em 06 de abr. de 2019.

IBM. **Conhecendo o MQTT**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>> Acesso em 10 de abr. de 2017.

MICROSOFT. Microsoft Azure. Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/pt-br/>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

MYDEVICES. Cayenne Devices. Disponível em: <https://accounts.mydevices.com/auth/realms/cayenne/login-actions/authenticate?client_id=iot-ready&tab_id=6nl-XLMSb80> Acesso em 20 abr. de 2019.

MONK, Simon. **Movimento, Luz com Arduino e Raspberry Pi**. 1ed. São Paulo: Ed. Novatec, 2016. 535p.

MOSQUITTO. Download. Disponível em: <<https://mosquitto.org/download/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

NODE-RED. Flow-based programming for the Internet of Things. Disponível em: <<https://nodered.org/>> . Acesso em 20 de abr. de 2019.

OLIVEIRA, Sergio de. **INTERNET DAS COISAS com ESP8266, ARDUINO e RASPBERRY PI**. 2.ed. Ed. Novatec, 2017. 232p. São Paulo-SP.

PISCHING, M. A. et al. ARQUITETURA PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CIBER-FÍSICOS APLICADOS NA INDÚSTRIA 4.0. Disponível em :<https://www.ufrgs.br/sbai17/papers/paper_112.pdf> Acesos em 20 de abr. 2019.

RASPBIAN. Download Raspbian. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

RASPBERRY PI. Raspberry Pi. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

SAS. Internet das Coisas (IoT): O que é e qual sua importância? Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/internet-das-coisas.html>. Acesso em: 05 abr. 2019.

SANTOS, Bruno P. et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-oisas.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2019.



CAPÍTULO 2

USO DE UM CONTROLADOR PID (Proporcional, Integral e Derivativo) PARA MONITORAR A TEMPERATURA COM O USO DE UM PLC

Eliziane Rocha, Isac Costa, Nadla Rose, André Luis Gomes de Sousa,
Wagner Elvio de Loiola Costa, Wellington Santos Araújo

Resumo: O controlador PID, é o algoritmo de controle bastante usado no setor industrial. O trabalho abordou o uso do controle proporcional integral derivativo, o PID (Proporcional-Integral-Derivativo) para controlar um valor de temperatura estabelecida em um equipamento. Será feito o uso de um PLC (Programmable Logic Controller) que é um tipo de computador industrial capaz de controlar máquinas e processos, com recursos necessários ao armazenamento de instruções para implementar lógica combinatória, sequenciamento, temporização e operações aritméticas, utilizando entradas e saídas digitais e/ou analógicas. Algumas funções e/ou ações de controle e ajustes de parâmetros já estão disponíveis nesse equipamento do PLC, proporcionando assim o uso do PID em um PLC. Foi realizada pesquisa bibliográfica com o objetivo de obter; informações sobre o controle com o uso do PID, sua descrição vantagens e desvantagens, informações sobre as funcionalidades do PID inseridas em um PLC e a construção de um circuito para o controle da temperatura, utilizando a linguagem ladder para a simulação no PLC. O controlador PID em um PLC apresentou um bom desempenho e uma simplicidade funcional.

Palavras-chave: Automação e Controle, Controle PID, PLC.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos controladores industriais em uso atualmente empregam esquemas de controle PID ou PID modificado [2]. Métodos de sintonia automática vêm sendo desenvolvidos e alguns controladores PID tem a capacidade de produzir uma sintonia automática [2], [3]. Controles PID e controles I-PD estão em uso na indústria. [2], [3]. Há controle PID comerciais disponíveis utilizando métodos práticos de comutação suave. [1], [2].

O uso do controle tem por objetivo fazer com que um projeto de controle procure um valor de referência estabelecido, no caso a temperatura, por exemplo, e ao alcançar esse valor o sistema desliga, e quando o valor da temperatura ficar abaixo do valor desejado o sistema volta a ser ligado. [4]. Para tornar esse sistema mais eficiente e evitar que o mesmo fique ligando e desligando toda vez que um valor de referência é alcançado, faz-se o uso do controle PID. O uso deste controle torna mais eficiente para ser utilizado nesse sistema. Foi utilizado o controle PID baseado nas regras de ajustes de Ziegler e Nichols [2], [5], [6]. Esses ajustes referem-se aos parâmetros de , respectivamente, constante proporcional, constante integral e constante derivativa. [8], [9]. O uso do controlador PID envolve três parâmetros: K_p , K_i e K_d o proporcional, o integral e o derivativo. A fórmula desse sistema de controle é dada pela expressão: (1).[7], [8] , [9].

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

Onde:

“u” (“t”) é a saída em relação ao tempo”

“MV é a variável manipulada”

“e” (“t”) é a entrada menos o erro em relação ao tempo”

“K” _p” “é a constante proporcional”

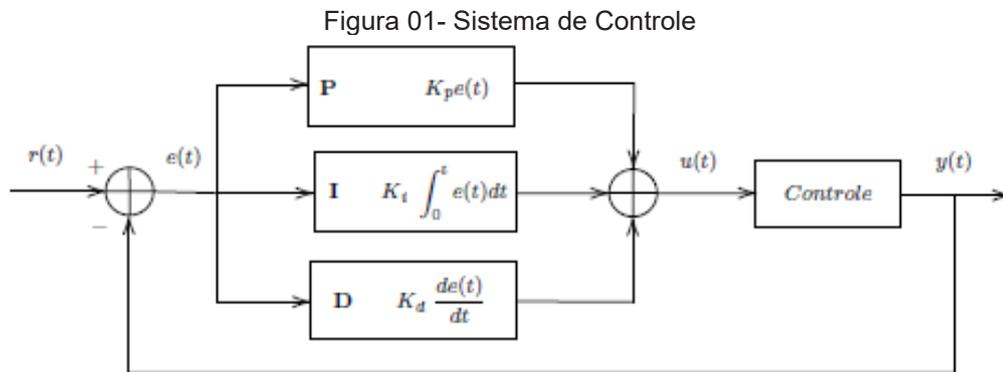
“K” _i” “é a constante integral”

“K” _d” “ é a constante derivativa”

O controle PID, possui três funções: a função proporcional, a função integral e a função derivativa. A função proporcional, produz um valor na saída proporcional ao erro obtido naimentação do sistema. A constante proporcional é ajustada com o ganho .[7] A função integral soma todos os erros instantâneos e esse valor é multiplicado pela constante Ki. [7]. A função



integral do controlador PID acelera o movimento do processo até o valor esperado [7]. A função derivativa produz como resultado um valor proporcional ao erro produzido na alimentação do sistema. A constante derivativa, a , será utilizada para fazer os ajustes necessários no controle do sistema. O erro será proporcional a esta constante derivativa. A Figura 01, mostra o sistema com o controle de PID, as constantes envolvidas e o processo a ser controlado no sistema. [7]



Fonte: Produção Própria.

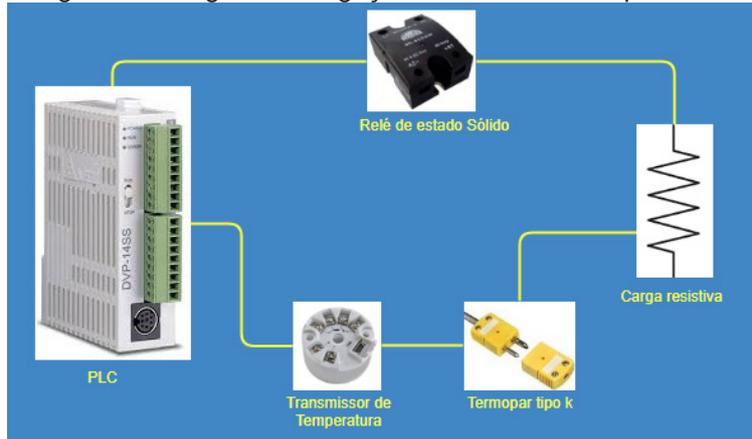
1.2 Uso do PLC com o controle PID

O controlador PID já está embutido em produtos comerciais de produtos como o da Lab-VIEW[1], do PLC da Allen-Bradely[10] e do PLC da Delta [12], este último será utilizado para o controle de temperatura com o uso do controlador PID. Foram utilizados blocos de funções de controle PID do PLC da Delta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas pesquisas bibliográficas e estudos sobre os algoritmos de PID. Fez-se pesquisas também das funcionalidades do PID inseridas em um PLC. Foi utilizado o software do fabricante do PLC para acessar as funcionalidades deste equipamento através da linguagem *ladder* [11] Foi feito um circuito com o controle PID e seus componentes. Este modelo de PLC já possui as funcionalidades de um PID embutidas em sua programação. A instalação constou de: um CPL, uma placa analógica, um termopar tipo k, um relé de estado sólido, uma resistência de 10kohms. Foram realizadas as ligações dos componentes e iniciado as observações dos dados gerados pelo equipamento conectado a resistência (forno). Neste experimento definimos um valor de referência de temperatura igual a **140°C**, o valor do *setpoint*. Este valor de temperatura será o valor a ser mantido pelo controle PID no software do PLC. Na figura 02, está mostrado a ligação dos componentes e o PLC.

Figura 02- Diagrama da ligação do PLC e os componentes

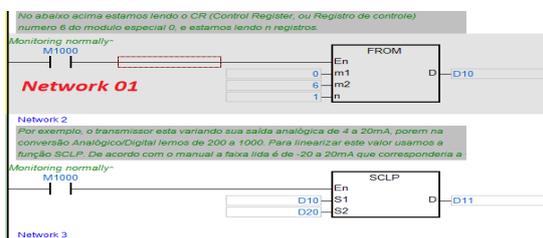


Fonte: Produção Própria.

3. DESCRIÇÃO DO PLC COM PID

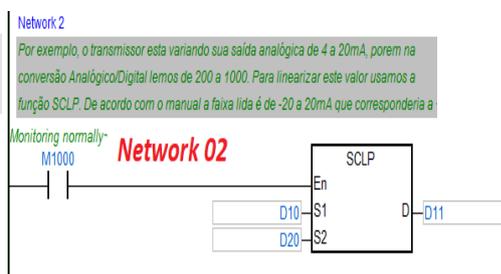
Na **Figura 03**, mostra-se a **Network 01**, que é responsável por lê o dado de temperatura não tratado. Nesta instrução, os dados são obtidos da seguinte forma: Leu-se um registro (n), o CR número 6 (m2) do módulo especial 0 (m1), conforme mostrado na **Figura 04**. A instrução SCLP, irá linearizar a leitura feita através da instrução FROM . Em S1, ele **RECEBE A LEITURA**. Em S2, é declarado um registro e a partir dele e mais 3 posições são declaradas: **Valor máximo da word**; **Valor mínimo da word** e **Valor máximo e mínimo do range da grandeza a ser lida**. O resultado linearizado irá para o registro D11, com o valor real da grandeza medida, (**Figura 06**).

Figura 03 Network 01



Fonte: Produção Própria.

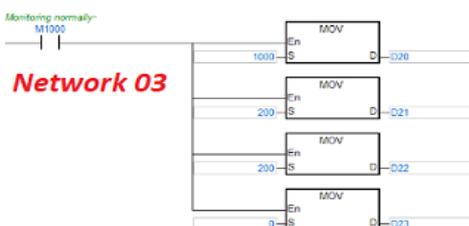
Figura 04 Network 02



Fonte: Produção Própria.

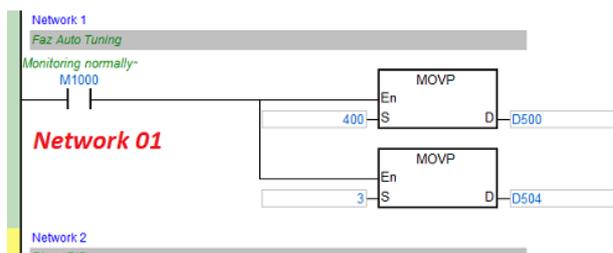
Na **Figura 05**, a instrução **MOV**, na **Network 3** – move o tempo de amostragem para D500, que estará ligado a entrada S3 do bloco PID, responsável pelo tempo de amostragem responsável por atualizar a variável manipulada em função de alguma ação do **PID**.

Figura 05 - Network 03



Fonte: Produção Própria.

Figura 06- Network 01



Fonte: Produção Própria.

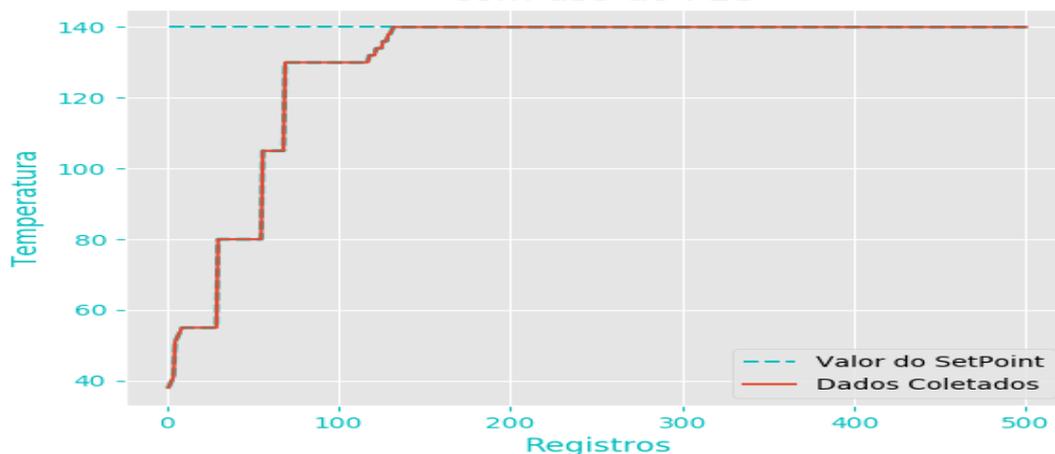


O segundo **MOV**, na **Figura 06**, *Network 1* é responsável por conduzir a auto sintonia para controle de temperatura e informar quando os parâmetros de P, I e D estão “ajustados”. A instrução **PID**, (bloco **PID**), tem os seguintes valores: **D408** – valor desejado de temperatura ou set point (s1); **D11** – valor de temperatura lido em tempo real(s2); **D500** (tempo de amostragem) *update time*; **D0** – saída do **PID** (d) recebe a saída do **PID** e conjugado com o valor parametrizado em **D438** irá gerar uma forma de onda modulada em PWM (*Pulse Width Modulation*) que irá para saída **Y0**, esta por sua vez irá acionar o relé de estado sólido, que por sua vez irá controlar a potência que será entregue a resistência elétrica.

4. CONCLUSÃO

O controle de temperatura com o uso do PID em um PLC mostrou-se satisfatório. Atendeu as exigências e resultados esperados. O valor escolhido para o *setpoint*, (**140°C**), foi alcançado. Na **Figura 07**, mostra o gráfico com os valores do *setpoint* (verde) e os valores dos dados coletados da temperatura (vermelho) no diagrama da ligação do PLC e os componentes, conforme mostrado na **Figura 07**.

Figura 07- Valores registrados do Controle de Temperatura com PID com uso do PLC
Controle de Temperatura com PID
com uso do PLC



Fonte: Produção Própria.

Esta solução para o controle de temperatura com uso do PID em um PLC apresentou um custo de aquisição atraente, pois as funções do controle PID já estão inseridas no PLC, bastando apenas, fazer as configurações necessárias na linguagem *ladder* e ajustar o valor do *setpoint* desejado. Outra vantagem é seu gerenciamento remoto, pois PLC com acesso a rede Ethernet permite o controle remoto de suas operações, bem como o seu gerenciamento permitindo que o *status* de sua operação seja acompanhado a distância ou até mesmo uma mensagem de alerta seja enviada para o operador, caso ocorra algum evento fora do esperado. Um outro valor para o controle de temperatura (*setpoint*) com o uso de PID no PLC, pode facilmente ser alterado para um valor superior em um outro projeto de controle de temperatura que utilize controle PID com o uso de um PLC.

Referências

[1] NATIONAL Instruments. **Explicando a Teoria PID**. Disponível em: <<http://www.ni.com/white-paper/3782/pt/>>. Acesso em: 05 abr. 2019.



- [2] OGATA, Katsuhito. **Engenharia de Controle Moderno**. 5ed. São Paulo: Ed. Pearson, 2014. 822p.
- [3] FRACHI, Claiton Moro. **Controle de processos industriais: princípios e aplicações**. 1ed. São Paulo: Ed. Érica e Saraiva.2014, 255p.
- [4] MONK, Simon. **Movimento, Luz com Arduino e Raspberry Pi**.1ed. São Paulo: Ed. Novatec, 2016. 5352p.
- [5] KAGUEYAMA, Cintia Ayumi. **Sintonia do controlador PID: método de Ziegler nichols modificado**. Disponível em: <http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2011_CintiaAyumiKagueyama.pdf > Acesso em: 10 abr. 2019.
- [6] MATIAS, Juliano. **Teoria de Controle PID**. Disponível em: < http://coral.ufsm.br/beltrame/arquivos/disciplinas/medio_automacao_industrial/Artigo_Teoria_controle_PID.pdf > Acesso em: 20 mar. 2019.
- [7] CONTROLADOR PID (Proporcional-Integral-Derivativo) - Parte 1-Introdução Disponível em:<<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/artigo-controlador-pid-proporcional-integral-derivativo-par-te-1>>. Acesso em: 20 mar. de 2019.
- [8] FERREIRA, Flávio Meireles. **Controle de velocidade em motor CA Trifásico utilizando controle PID do CLP**. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3122/2/20134882.pdf> > Centro Universitário de Brasília – UNICEUB, 2007. Acesso em 10 abr. 2019.
- [9] BASILIO, João Carlos; MANYARI, Rivera. **Integrated Online Auto-tuning and Digital Implementation of PID Controllers in Industrial Processes**. Disponível em: <http://www.dee.ufrj.br/controlle_automatgico/artigos/icca2011.pdf > Acesso em: 10 abr. 2019.
- [10] CONTROLADORES programáveis. Disponível em: <<https://ab.rockwellautomation.com/pt/Programmable-Controllers>>. Acesso em: 11 de abr. 2019
- [11] FRACHI, Claiton Moro et al. **Controladores lógicos programáveis**. 2 ed. São Paulo: Ed. Érica e Saraiva, 2014. 352p.
- [12]. PLC da Delta. Disponível em: <<https://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060301&PID=ALL&hl=en-US>>. Acesso em: 11 abr. 2019.



CAPÍTULO 3

FERRAMENTAS DA QUALIDADE: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA MELHORIA NA GESTÃO DE DEMANDAS

Luiz Henrique Costa Ferreira, Klayton dos Santos Barbosa, Deyvison José da Silva Leitão, Sidney Leonardo da Silva Sousa, Ramilton Araújo Silva, Eduardo Mendonça Pinheiro

Resumo: O setor empresarial a cada dia este mais focado no mercado e em suas tendências, pois buscam melhorias e um diferencial para poderem se manter no mercado competitivo, porém sua permanência no mercado depende de vários fatores, é um desses fatores é melhoria contínua nos processos e nos métodos de fabricação ou de serviços. Diante disso, o presente estudo pretende demonstra a necessidade e importância da aplicabilidade das ferramentas de qualidade no gerenciamento de negócios, como também para processo produtivo. O artigo foi desenvolvido através de um estudo teórico que busca fazer uma abordagem a respeito dos conceitos apresentando os principais tipos de ferramentas da qualidade. Além disso, a pesquisa pretende demonstrar de forma bastante clara as principais ferramentas da qualidade em sua aplicabilidade no ambiente industrial e seus benefícios. Serão apresentadas definições relacionadas à gestão da qualidade e das ferramentas por meio de uma pesquisa em referencial teórico sobre o tema.

Palavras-chave: Ferramentas da qualidade, Controle da qualidade, Abordagem conceitual.

1. INTRODUÇÃO

Com a globalização e com os avanços tecnológicos a organização empresarial tenta melhoria contínua da qualidade de seus processos objetivando satisfação total de seus clientes e parceiros. Neste contexto que o presente estudo tem como finalidade demonstrar a importância das ferramentas de qualidade para sucesso empresarial, a pesquisa foi realizada através de uma revisão literária das ferramentas, que é de sua importância para as empresas que almejam se manter no mercado e também faça toda diferença do produto no mercado, através da qualidade dos produtos e serviços diferenciados. Pois, nas empresas grande parte dos problemas poderia ser resolvida com o auxílio destas ferramentas.

Cada ferramenta de qualidade tem utilização própria, ou seja, somente com a aplicação de cada uma e com prática que se pode averiguar qual ferramenta é mais adequada para cada situação, e assim determinar qual será a ferramenta utilizada. A pesquisa foi realizada para que se justifique a necessidade do conhecimento teórico das ferramentas de qualidade para que possa ser utilizada de maneira correta, tanto para acadêmicos, empresas ou profissionais interessados no tema. É de suma importância ressaltar que a qualidade não engloba somente à qualidade de um produto ou serviço específico já na última etapa de produção, mas a qualidade do processo desde do primeiro processo até o último, ou seja, envolvendo todos os processos que ocorrem e serão realizados no dia a dia da empresa.

2. METODOLOGIA

O tipo de pesquisa realizada no estudo, foi uma Revisão Literária de caráter qualitativo e exploratório referente as ferramentas de qualidade como solução de melhoria para uma gestão. O levantamento bibliográfico será realizado através de pesquisas de material impresso em Livros, Revistas científicas, monografias, SCIELO - Artigos - Google Acadêmico. Foram categorizadas em sua totalidade 15 fontes sobre gestão e aplicação das sete ferramentas de qualidades e o uso das ferramentas da qualidade na melhoria de processos produtivos. O período dos artigos pesquisados serão trabalhos publicados nos anos de 2010 a 2018.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da revisão literária, notou-se que muitos são as definições acerca de ferramentas de qualidade e sua importância para uma gestão de qualidade nas empresas, por ser um tema não tão recente, é notável encontrar várias fontes de pesquisa da literatura, e uma quantidade significativa de volumes atuais de publicações referentes ao tema, conforme Tabela 1.



Tabela 1 - Resumo dos trabalhos referentes às ferramentas da qualidade: aplicação em uma empresa de soluções de engenharia para melhoria na gestão de demandas.

Objetivos	Resultados	Autores/Ano
Descrever e analisar os principais sistemas e ferramentas da gestão da qualidade.	Demonstrou que as ferramentas de qualidade são de suma importância para um setor industrial e como é vantajoso para os gestores.	Campanatti (2016)
Fazer uma abordagem estratégica da administração e serviço de produção e operações.	O estudo evidenciou como é importante o planejamento estratégico por parte da administração para que a produção seja em alto nível e as operações funcione de acordo com pré-estabelecido pelos administradores	Corrêa e Corrêa (2010)
Conceituar a administração organizacional geral, assim como a importância das ferramentas de qualidade para a competitividade da empresa.	Que os conhecimentos dos conceitos sobre os tipos de organização e das ferramentas modernas e antigas são essenciais para uma administração de sucesso empresarial, pois essas promovem melhorias na produção, com produto com mais qualidade, ajuda na melhoria do desempenho dos colaboradores e manter a empresa no mercado.	Costa Neto (2010)
Descrever a importância dos fundamentos e aspectos práticos das principais ferramentas e técnicas utilizadas pelas organizações para melhoria de sua performance e competitividade.	Demonstrou que cada dia, as organizações dos mais variados setores de atividade buscam profissionais com conhecimentos em ferramentas e metodologias na área da qualidade, tomando esse importante recurso humano uma peça chave para a produtividade e lucratividade das empresas.	Lucinda (2010)
Demonstrar a importância da aplicabilidade do PDCA e das ferramentas de qualidade para uma gestão de sucesso.	Que com o uso do PDCA junto com as ferramentas garante um melhor desenvolvimento no processo produtivo tendo como resultado uma melhoria contínua dos produtos e serviços.	Trivelatto (2018)

Fonte: Os Autores

3.1 Conceito de Qualidade

Segundo Lucinda (2010) o conceito de qualidade engloba vários significados diferentes. Porém, de forma geral, a maioria concorda que alguns elementos são essenciais para se possa definir a qualidade, tais como satisfação, preço justo, funcionalidade e superação de expectativas.

Junior et al. (2016) descreve como forma de evolução a gestão qualidade em quatro eras: Era da inspeção, a Era do controle estatístico da qualidade, a Era da garantia da qualidade e a Era da gestão estratégica da qualidade. Tratadas não apenas como um programa que é implantado, mas como um processo de melhoria contínua. Podendo tornar-se tática, estratégica e operacional, em todos os níveis da organização.

As normas ABNT NBR ISO ao falar de gestão, destacam a NBR ISO 9001/2000 em que possibilita uma forma de estruturar e gerenciar as atividades/processos juntamente com as organizações, desencadeando uma ligação entre as expectativas dos clientes e a eficácia da empresa, de forma sistemática e integrada e a NBR ISO, 9004/2000 que define como gestão de qualidade, situações coordenadas para dirigir e controlar uma organização, englobando o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade (ABNT, 2016).



3.2 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas de qualidades são frequentemente utilizadas em métodos e técnicas de gerenciamento de processos organizacionais que visam a melhoria contínua da qualidade. Segundo Costa (2017), as sete ferramentas da qualidade são um conjunto de instrumentos estatísticos que busca a melhoria da qualidade de produtos, serviços e processos.

A grande finalidade das ferramentas está na sua habilidade de auxiliar nas etapas de geração e organização ideias, análise de dados, definição de estratégias e planos de ação, definição e priorização de ações. Além de facilitar o entendimento do problema, ter um método eficaz de abordagem, disciplinar/organizar o trabalho e aumentar a produtividade (FABRIS, 2018).

Corrêa e Corrêa (2010), afirmam que as sete ferramentas da qualidade são o fluxograma ou diagrama de processo, diagrama de causa e efeito, diagrama de Pareto, histograma, folha de verificação, diagrama de dispersão e gráfico de controle

O fluxograma ou diagrama de processo representa graficamente um instrumento essencial através de sequência lógica de cada etapa pela qual passa um processo, facilitando uma melhor visualização, conforme a figura 1.

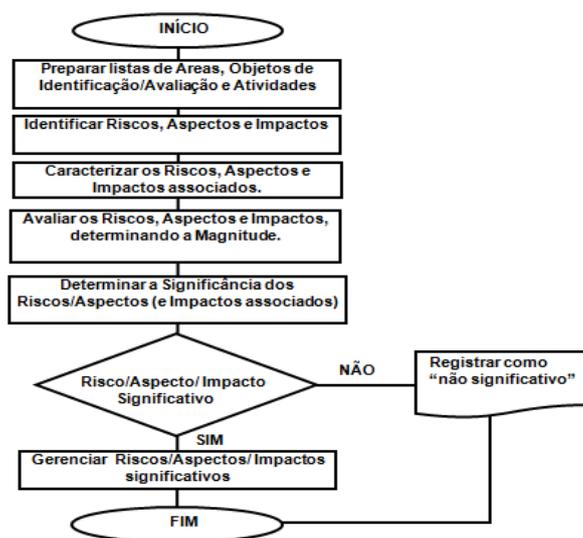


Figura 1 – Exemplo de fluxograma para identificação, e avaliação de riscos, aspectos e impacto.
Fonte: Pessoa (2016).

O diagrama de causa e efeito tem como objetivo, essencialmente, identificar e organizar todas as causas de um problema ou situação específica, fazendo uma análise das dispersões em seu processo e os efeitos decorrentes disso de forma lógica, representado na figura 2.

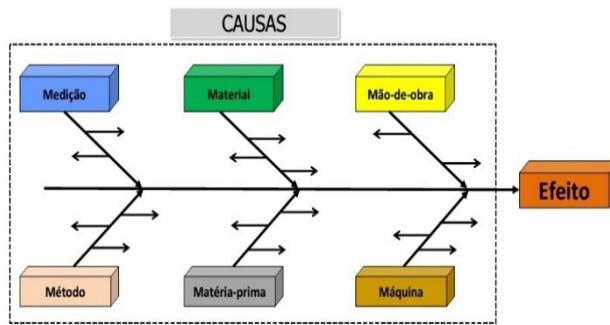


Figura 2 – Estrutura do diagrama de Ishikawa

Fonte: <http://www.ricardovargas.com/pt/podcasts/qualitymanagement/>

Diagrama de Pareto utilizada para identificar o problema mais importante através do uso de diferentes critérios de medição, como frequência ou custo, e sua finalidade é mostrar as condições necessárias para uma melhor escolha através de um monitoramento eficiente.

A ferramenta denominada gráfico de controle utiliza-se do monitoramento para um melhor controle e variabilidades do processo, e além disso, analisa a estabilidade, o desempenho previsível, como observamos no modelo apresentado na Figura 3.

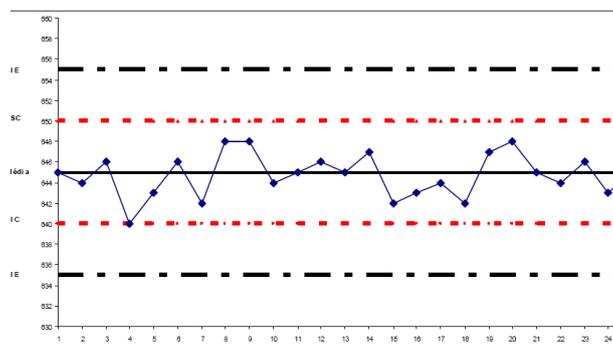


Figura 3 - Gráfico de Controle

Fonte: Costa (2017)

A folha de verificação apresenta-se em formato de tabelas ou planilhas usadas para auxiliar a coleta e análise de dados, que permite rápida percepção da realidade e imediata interpretação da situação, diminuindo erros e confusões.

3.3 Ferramentas de qualidade e seus benefícios

Conforme Murback (2016) e Campanatti (2016) relatam que os benefícios são inúmeros com a utilização das ferramentas de qualidade como:

- Aumentar a qualidade do processo através de soluções eficazes na existência do problema, assim proporcionando o aumento da satisfação e confiabilidade dos clientes, seja este interno ou externo, conseqüentemente fortalecendo a imagem da empresa;
- Diminuir os custos decorrentes de erros, pois quanto mais cedo identificar um problema, menor será o custo da produção. Com isso aumentar o lucro da empresa;
- Melhorar os padrões de forma organizacional;

- Redução dos custos operacionais, uma vez que se tem a diminuição de custos da qualidade e do tempo, aumenta-se a eficiência, e se alcança como resultado a prevenção versus correção entre outros;
- Melhora da transparência de conhecimento;
- Contribuir para equilíbrio no ambiente de trabalho, conseqüentemente no crescimento da produção, proporcionado um trabalho eficiente e com poucas falhas, o que motiva a todos, melhorando a capacidade de comunicação, e resolução de problemas, além de permitir um melhor trabalho em equipe, diminuindo os riscos de acidentes de trabalho;
- Maior competitividade e oportunidades, tanto no mercado interno e externo;
- Elabora projetos melhores.

4. CONCLUSÃO

A utilização das ferramentas de qualidade proporciona mais segurança e estabilidade no mercado e um diferencial competitivo. O objetivo do estudo de apresentar e incitar o uso das ferramentas da qualidade de forma prática facilitando melhor a compreensão dos leitores alcançados, frente aos conceitos expostos. De maneira contributiva o artigo definiu as ferramentas da qualidade e pretende que os leitores utilizem dos conceitos e apliquem como forma de controle e clareza de informações.

Referências

- CAMPANATTI, R; GOBIS. M.A. **Os benefícios da aplicação de ferramentas de gestão de qualidade dentro das indústrias do setor alimentício.** Rev.Hórus, v. 7, n. 1, p. 26-40, 2016.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total: No estilo japonês.** 9. Nova Lima: Falconi, 2016.
- COELHO, F.P.S et al. **Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em pequena empresa de pintura.** REFAS. V.3,n.1,2016.
- CORRÊA, Henrique Luiz; CORRÊA, Carlos Alberto. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- COSTA NETO, Pedro L. de O.; CANUTO, Simone A. **Administração com qualidade: conhecimentos necessários para a gestão moderna.** São Paulo: Blucher, 2010.
- COSTA, A. A. **Ferramentas de controle da qualidade aplicáveis na cultura do mamão, no município de pinheiros-es.**72f. Monografia (Curso de Administração de Empresas) Faculdade Capixaba de Nova Venécia. Nova Venécia, 2017.
- FABRIS, C. B. **Aplicação das ferramentas da qualidade em um processo produtivo em uma indústria de ração.** 74f. Projeto (Curso de Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.
- FILHO, M.C. **As ferramentas de qualidade no processo produtivo.** Bauru – SP, 2016.
- LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade: Fundamentos e práticas para cursos de graduação.** Rio de Janeiro: Bradsport, 2010
- MURBACK, F.G.R.; DANIEL, E.A. **Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. Artido.do Curso de Administração – PUC, v.2015. Poços de Caldas,2016.**



PESSOA, G. A. **Notas de aula da disciplina PDCA e Seis sigma: metodologia e ferramentas da qualidade.** São Luís: FAMA, 2016.

SOARES, M.T.R.C. **Liderança e desenvolvimento de equipes.** São Paulo, 2016.

TRIVELATTO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria continua.** 73f. Monografia (Curso de Engenharia) Universidade de São Paulo, 2018.



CAPÍTULO 4

USO DA PLATAFORMA ZABBIX PARA O ENVIO DE INFORMAÇÕES SOBRE O STATUS DE DISPOSITIVOS LOCALIZADOS NO CHÃO DE FÁBRICA À REDE CORPORATIVA

Antônio Belfort Campos Neto, Jeffeson Pereira de Sousa, Jhonata da Silva Mendes, Wilkerlon Cutrim Serra Almeida, André Luis Gomes de Sousa, Wagner Elvio de Loiola Costa

Resumo: Os benefícios oferecidos pela Indústria 4.0, são vastos, com uso cada vez mais da tecnologia, processos industriais estão se tornando mais eficientes, informações geradas no chão de fábrica estão sendo processadas e enviadas ao setor corporativo da empresa em tempo real. Os benefícios gerados pela Internet das Coisas (IoT), estão sendo utilizados pela indústria. A quantidade de dados processados pelo Big Data ajudam nas decisões a serem tomadas no chão de fábrica. A Indústria 4.0, tem vários pilares, e dentre eles, se situa o sistema de TI, que precisam chegar até o chão de fábrica para tornar eficaz a comunicação entre o parque fabril e a área administrativa da empresa. Neste artigo será apresentado o status de uma máquina elétrica que se encontra localizada no chão de fábrica e toda vez que esta máquina elétrica for desligada, por falta de energia ou por algum defeito, por exemplo, uma informação será enviada ao administrador responsável pelo setor através da rede TCP/IP e com uso de programas como o Zabbix e um Raspberry Pi 3. Essa informação pode ser enviada via correio eletrônico e/ou através de um aplicativo de mensagem, que neste artigo, foi utilizado o telegram.

Palavras-chave: Indústria 4.0, redes Ethernet, TCP/IP, Zabbix, Raspberry Pi.

1. INTRODUÇÃO

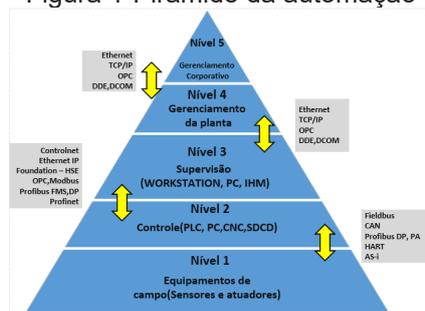
Os benefícios oferecidos pela Indústria 4.0 são vastos, (SANTOS, 2018a; FOCCOERP, 2019; BRASIL, 2019) com uso cada vez mais da tecnologia, processos industriais estão se tornando mais eficientes, informações geradas no chão de fábrica estão sendo processadas e enviadas ao setor corporativo da empresa, onde decisões podem ser tomadas para obter um melhor desempenho nas atividades feitas no chão de fábrica. Os benefícios gerados pela Internet das Coisas, IoT, **está sendo utilizado pelo setor industrial. A quantidade de dados processados pelo Big Data** (ORACLE, 2019), (SAS, 2019) ajudam as decisões a serem tomadas no chão de fábrica. Sistemas ciber-físicos, que são sistemas feitos por elementos computacionais com o objetivo de controlar entidades **físicas. Os sistemas embarcados**, precedeu aos sistemas ciber-físicos (PISCHING, 2019). Pesquisas do Departamento de Comércio dos EUA sobre fábricas inteligentes apontam uma redução de custo na ordem de US\$ 57 bilhões. (UOLVIDEO, 2019). O investimento em IIOT (*Industrial Internet of Things*) chegará a US\$ 15 trilhões do PIB global até 2030 (UOLVIDEO, 2019).

A indústria 4.0, tem vários pilares, e dentre eles, se situa o sistema de TI, que precisa chegar até o chão de fábrica para habilitar a comunicação entre o parque fabril e a área administrativa da empresa. O objetivo do artigo será esse levar a informação do parque fabril (por exemplo, uma máquina, desligou) essa informação pode ser compartilhada na rede através de um *e-mail*, SMS ou através do telegram (TELEGRAM, 2019). A primeira revolução industrial teve início em 1760, com o surgimento da **máquina a vapor, a segunda revolução teve início em 1870** com o uso da energia elétrica na produção fabril, a terceira teve início em 1969 com o uso da automação no parque fabril e a quarta revolução teve início em 2011 (FOCCO-ERP, 2019).

Neste artigo será apresentado a comunicação do *status* de uma máquina elétrica e que se encontra no chão de fábrica e toda vez que esta máquina elétrica for desligada, por falta de energia ou outro motivo, uma informação será enviada ao administrador responsável pelo setor. Essa informação pode ser enviada via correio eletrônico e/ou através de um aplicativo de mensagem, que neste artigo, foi utilizado o Telegram. Será usado um Raspberry Pi 03 (FERREIRA, 2018) com a plataforma Zabbix (ZABBIX, 2019), para fazer toda essa gerência de envio de informações sobre o *status* de uma máquina localizada em chão de fábrica em uma indústria. A comunicação entre os dispositivos localizados no chão de fábrica e as outras áreas da indústria como gerenciamento e supervisão utiliza vários protocolos de comunicação. A norma ANSI/ISA95 define uma arquitetura na forma de uma pirâmide para representar a comunicação entre sistema de controle em uma rede industrial com o objetivo de possuir informações sobre o sistema industrial (PESSOA, 2017) conforme mostrado na Figura 01.



Figura 1-Pirâmide da automação



Fonte: Produção Própria

Com o avanço tecnológico cada vez mais necessita-se ter informações sobre como a produção está sendo feita. Temos a comunicação homem para máquina, bem como comunicação máquina a máquina (PESSOA, 2017). As atividades feitas no chão de fábrica, como produção de um determinado produto, status do processo e gerenciamento desses processos precisam estar disponíveis no setor responsável da empresa. O uso da comunicação de dados com o protocolo TCP/IP com protocolos unificados de automação como o OPC-UA OLE for Process Control – Unified Architecture. (OPC FOUNDATION, 2019).

Há soluções com o uso da rede Ethernet, a 802.3, a rede Ethernet sem fio IEEE 802.11, a rede Ethernet IEEE 802.15.1, (a Bluetooth), a rede Ethernet IEEE 802.15.4, (ZigBee) e uma conexão ethernet padrão RJ45 (LAN) proporcionam vantagens na sua utilização em um chão de fábrica. (IEEE, 2019).

2. O RASPBERRY PI 3 E A PLATAFORMA ZABBIX

O Raspberry Pi é um computador completo em placa única, do tamanho de um cartão de crédito e de baixo custo. Possui um processador Quad Core 1.2 GHz Broadcom BCM2837B0 64bits CPU, um GB de memória RAM, funcionalidades como o WiFi (IEEE 802.15) e Bluetooth Baixa Energia (BLE), quarenta pinos GPIO (*General Purpose Input/Output*), quatro portas USB 2.0, espaço para cartão micro-SD e fonte de alimentação (5,0 V / 2,5A) e uma porta HDMI. O Raspberry pi 3 bem como outros dispositivos, como o Arduino, ESP32 e outros mais permitem que se façam atividades para a IoT. O Zabbix é uma ferramenta *OpenSource* e multiplataforma, sob a licença GPLv2 (*GNU General Public License*). Possui várias funcionalidades de gerenciamento de ativos de redes de computadores, como *status* de servidores de rede, serviços na rede, utilização das interfaces de rede, carga da CPU de servidores, espaços em disco rígidos, relatórios de eventos, disponibilidade de serviços em uma rede de computadores, gerenciamento de ativos baseado no protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*) mapas, e notificação de eventos através de *triggers* (gatilhos). A notificação pode utilizar os serviços de correio eletrônico, aplicativos de mensagens e SMS. A versão do Zabbix, utilizada nos testes foi a 4.0, que dispõe de inúmeras funcionalidades. (ZABBIXBrasil, 2019), (HORTS, 2015)

3. OBJETIVOS

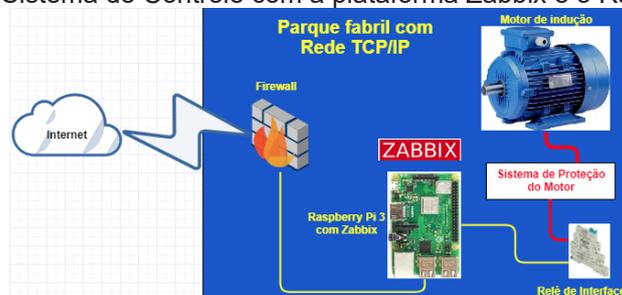
Conhecer a situação, o *status* de uma máquina elétrica localizada no chão de fábrica e com o uso do TCP/IP e da plataforma de gerenciamento de atividades em uma rede TCP/IP, como a plataforma Zabbix, informar o *status* dessa máquina elétrica. A plataforma zabbix foi

instalada e configurada em um Raspberry Pi 3. As portas GPIO do Raspberry Pi foram utilizadas para informar essa alteração e fazer com que a plataforma zabbix envie a notificação sobre a alteração de *status* da máquina elétrica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi elaborado com base em pesquisas bibliográficas e uso de um equipamento como um Raspberry Pi 3, programas como o sistema operacional Raspbian(RASPBIAN,2019) a plataforma Zabbix(ZABBIX,2019) e outros componentes. Foi utilizado um relé de contato e um motor monofásico de 220V. Foi utilizado um PLC(*Programmable Logic Controller*) para simular o desligamento desse motor a cada cinco minutos e o seu religamento, a cada dois minutos após este ser desligado. Essas atividades de ligar e desligar é para comprovar as atividades de que serão feitas pelas funcionalidades da plataforma zabbix e que serão apresentadas na seção Resultados e Discussão. A Figura 02 mostra o *layout* dessa montagem.

Figura 02- Sistema de Controle com a plataforma Zabbix e o Raspberry Pi 3



Fonte: Produção Própria.

Foram utilizadas as portas **GPIO21** e de uma porta de alimentação de 3,3V do Raspberry Pi 3 (RASPBERRY PI, 2019) e um *script*, que foi criado, com o objetivo de utilizar um sistema de notificação de informações tanto através do *e-mail* e do aplicativo de mensagem, o Telegram (TELEGRAM, 2109). Foi utilizado um relé de interface(NOVUS, 2019). Um lado desse relé de interface foi conectado às as portas de 3,3V e na porta **GPIO21** do Raspberry Pi 3. No outro lado relé de interface foi conectado à fonte de energia que se encontra em 220V, onde se localiza o motor ligado a energia elétrica, próximo ao sistema de proteção do motor. Após concluída as configurações e instalações, fez-se os testes, simulando a energização e desenergização do motor elétrico e cada vez que que isso acontecia, o relé de interface, acionava o pino **GPIO21** do Raspberry Pi 3, produzindo uma alteração no seu nível de tensão lógico e acionando o sistema de alerta de notificação do Zabbix que protamente informava via *e-mail* e telegram, o *status* do motor elétrico, como **LIGADO** ou **DESLIGADO**.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos permitem ter acesso as informações sobre o *status* do motor localizado no chão de fábrica e que auxiliam na tomada de decisões sobre o equipamento. Essas informações mostram se o mesmo está **DESLIGADO** ou **LIGADO** e qual horário isso aconteceu. As informações foram enviadas para um *e-mail* e um aplicativo de mensagem, o Telegram.

5.1 Testes Realizados



Os testes realizados foram o de ligar e desligar o motor para ver se a comunicação chegaria no *e-mail* e no telegram cadastrado na plataforma Zabbix. As Figuras 03 e 04 mostram o *status* da máquina com a informação(no *e-mail* e no telegram), respectivamente que a mesma foi ligada.

Figura 03-*Status* da Máquina de Gelo através do e-mail(**Máquina LIGADA**)

Status: MAQ. GELO LIGADA == Evento: 1475

```
suportezabbixst@gmail.com
para eu
MAQ GELO LIGADA às 10:33:59 em 2019.04.22
Status: MAQ. GELO LIGADA
Host: piserver
Severity: Information
Original problem ID: 1475
```

Fonte: Produção Própria

Figura 04-*Status* da Máquina de Gelo através do Telegram (**Máquina LIGADA**)

Original problem ID: 1474

```
Problem: MAQ. GELO LIGADA
Problem started at 10:33:59 on 2019.04.22
Problem name: MAQ. GELO LIGADA
Host: piserver
Severity: Information
```

Fonte: Produção Própria

As Figuras 05 e 06 mostram o *status* da máquina com a informação(no *e-mail* e no telegram), respectivamente que a mesma foi desligada.

Figura 05-*Status* da Máquina de Gelo através do e-mail (**Máq. DESLIGADA**)

Status: MAQ. GELO DESLIGADA == Evento: 1481

```
suportezabbixst@gmail.com
para eu
MAQ GELO DESLIGADA às 10:45:30 em 2019.04.22
Status: MAQ. GELO DESLIGADA
Host: piserver
Severity: Warning
Original problem ID: 1481
```

Fonte: Produção Própria

Figura 06-*Status* da Máquina de Gelo através do Telegram (**Máq. DESLIGADA**)

```
Original problem ID: 1480
Problem: CHAVE_DESLIGADA_PDC
Problem started at 10:45:30 em 2019.04.22
Problem name: CHAVE_DESLIGADA_PDC
Host: piserver
Severity: Disaster
Original problem ID: 1480
```

Fonte: Produção Própria

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou que os dispositivos localizados no chão de fábrica e que estejam conectados à energia elétrica, podem ser monitorados pela plataforma Zabbix, desde que se faça o uso da rede TCP/IP no chão de fábrica. Esse gerenciamento pode facilmente ser acompanhado por informações no *e-mail* e/ou um aplicativo de mensagem instantânea, tornando as decisões rápidas para uma parada eventual em uma máquina elétrica localizada no chão de fábrica.

Referência

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. **Agenda brasileira para a indústria 4.0: o Brasil preparado para os desafios do futuro**. Disponível em: < <http://www.industria40.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.



- FERREIRA, A. A. A. Implementação De Uma Estrutura Cliente-Servidor Para Controle E Monitoramento De Dispositivos Usando O Raspberry Pi 3 B. 70pg , 2018. X f.
- HORTS, Adail et all. **De A a ZABBIX**. 1ed. São Paulo: Ed. Novatec, 2015, 411p.
- IEEE. IEEE STANDARD ASSOCIATION. Disponível em: <<https://standards.ieee.org/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- MONK, Simon. **Movimento, Luz com Arduino e Raspberry Pi**. 1ed. São Paulo: Ed. Novatec, 2016. 535p.
- NOVUS. NIO - Relé de Interface. Raspberry Pi. Disponível em: <https://www.novus.com.br/site/default.asp?-TroncoID=621808&SecaoID=619288&SubsecaoID=0&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=519266&Idioma=55#>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- OPC FOUNDATION. Unified Architecture. Disponível em: < <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/> >. Acesso em: 20 abr. 2019.
- ORACLE. O que é Big Data?. Disponível em: < <https://www.oracle.com/index.html>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- PESSOA, M. A. O. **Informática industrial I**. 1ed. Londrina Ed. Educacional. 2017. 188pg.
- Pisching, M. A. et all. ARQUITETURA PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CIBER-FÍSICOS APLICADOS NA INDÚSTRIA 4.0. Disponível em :<https://www.ufrgs.br/sbai17/papers/paper_112.pdf> Acesos em 20 de abr. 2019.
- RASPBIAN. Download Raspbian. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- RASPBERRY PI. Raspberry Pi. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- SANTOS, S. **Introdução a Indústria 4.0.**: saiba tudo sobre a revolução das máquinas. São Paulo: Novatec, 2018a.
- _____, S. **Introdução à IOT**: desvendando a internet das coisas. São Paulo: Novatec, 2018b.
- SAS. Big Data: O que é e qual sua importância?. Disponível em: < https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html >. Acesso em: 20 abr. 2019.
- SOFTWARES & SOLUÇÕES DE ANALYTICS – SAS. Big Data: o que é e qual sua importância? Disponível em: < https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- TELEGRAM. Bot API. Disponível em: < <https://core.telegram.org/api> >. Acesso em: 20 abr. 2019.
- TORRES,G. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Nova Terra, 2014.
- UOLVIDEO. O que é Indústria 4.0?. Disponível em: < <https://industria.uoldiveo.com.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- ZABBIXBrasil. Comunidade brasileira de usuários do Zabbix. Disponível em:< http://zabbixbrasil.org/?page_id=59 >. Acesso em: 20 abr. 2019.
- ZABBIX. Download and install Zabbix. Disponível em: < https://www.zabbix.com/download?zabbix=4.2&os_distribution=raspbian&os_version=9_stretch&db=mysql>. Acesso em: 20 abr. 2019.



CAPÍTULO 5

ANÁLISE DE QUALIDADE DE COMBUSTÍVEL EM POSTOS DE SÃO LUÍS

Diego de Sousa Costa, Francisco Euder Rebouças do Rosário, Josiane Valadares Rego, Joseni Martins Ferreira, Lulirgiane de Jesus Borges Costa, Luís Fernando Xavier Macedo, Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

Resumo: No Brasil comercializa-se quatro tipos de gasolina, estas são do tipo sem adição de álcool etílico anidro, premium, tipo C premium e a gasolina tipo C, cujo é fornecido ao consumidor e tem um percentual de etanol definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Esse percentual é avaliado através de teste em laboratório sob orientação da NBR 13992 com a finalidade de identificar a adulteração do teor de etanol anidro combustível na gasolina tipo C. Este trabalho tem como objetivo avaliar e mensurar a gasolina comercializada nos postos de São Luís para identificar não conformidades segundo a norma vigente. Apresenta uma metodologia do tipo experimental e bibliográfica. Para sua construção, foi coletado 10 amostras de gasolina, em postos da rede metropolitana da cidade, no período entre março e abril de 2019 para analisar o teor de etanol anidro combustível. A análise do teor de etanol anidro foi realizada no laboratório de química da Faculdade Pitágoras. Traz como resultado os índices de adulteração de cada amostra coletada e uma comparação com resultados de órgãos fiscalizadores da qualidade de combustível.

Palavras chave: gasolina, adulteração de combustível, qualidade do combustível

1. INTRODUÇÃO

Através do processo de refino em indústrias ou por processo químicos complexos como o craqueamento catalítico ou reforma (ANP, 2019), o petróleo passa por transformações que resultam em produtos adaptados às demandas dos consumidores, convertendo-se em solventes, betumes, borracha, plástico, lubrificantes, gás de cozinha, gás liquefeito de petróleo (GLP), diesel e gasolina. Dentre os derivados resultante do processo de refino, o mais comercializado nacionalmente é a gasolina (FREITAS, 2017).

A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos saturados, olefínicos, aromáticos e baixa concentração de compostos oxigenados, nitrogenados, sulfurosos e metálicos com moléculas de carbono de 5 a 13 átomos de carbono e com uma faixa de destilação entre 35 ° e 220 °C (OLANYK *et. al*, 2014), cujo apresenta uma zona de ebulição entre 30° e 220 °C para automóveis e densidade de 0,72 Kg/l (719, 7 Kg/m³) e densidade de energia em torno de 32 MJ/L (9,67 Kwh/L) (PRUDENTE, 2010).

No Brasil a gasolina comercializada varia entre quatro tipos, dos quais: Tipo A (sem adição de álcool etílico anidro combustível – AEAC); Tipo A premium (maior resistência a detonação e sem adição de álcool etílico combustível); Tipo C premium (Tipo A premium combinada com álcool etílico anidro combustível) e Tipo C (combinada com álcool etílico anidro combustível) (CRUZ, 2003). No entanto, a gasolina fornecida ao consumidor por intermédio dos postos de abastecimento, e que utiliza-se em motor ciclo Otto (flex), é do tipo C, o qual tem o percentual de etanol definido pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de acordo com a portaria 75 de março/2015, fixando o valores 27% v/v (BRASIL, 2015).

Por ser um produto muito comercializado em diversos estados e municípios brasileiros, apresentando uma faixa de consumo de 44, 150 bilhões de litros, motivado pelo aumento de frota e do ganho de competitividade em relação ao etanol hidratado (ANP, 2019), a gasolina C tornou-se alvo de adulteração devido, principalmente, à carga tributária incidida sobre os preços de combustíveis, encetando grandes prejuízos ao governo e preços desleais às distribuidoras (NUNES; MALDONADO, 2013). As principais adulterações na gasolina do tipo C, estão relacionadas a adição elevada de solvente e álcool anidro, que conforme a legislação vigente (PRUDENTE, 2010; BARROS, 2013).

O combustível adulterado pelo acréscimo do teor de álcool etílico anidro combustível causa dano aos motores dos veículos assim como ao meio ambiente (NUNES; MALDONADO, 2013). Dentre os prejuízos, aqueles correlacionados aos veículos são: aumento do consumo, rendimento insatisfatório e a perda de potência (TAKESHITA, 2006), e para os que envolvem os danos ambientais podemos destacar a emissão de monóxidos de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxido nitroso (NOx) (NUNES; MALDONADO, 2013; OLANYK *et. al*, 2014).

Nessa perspectiva, o presente trabalho foi desenvolvido afim de mensurar a presença de gasolina adulterada nos principais postos de abastecimento de combustível da cidade de São Luis do Maranhão.



2. MATERIAL E MÉTODOS

A gasolina foi coletada em 10 postos de distribuidoras diferentes em regiões distintas da cidade de São Luís/MA, entre os meses de março e abril de 2019.

Em uma proveta graduada de 100 [mL] adicionou-se 50 [mL] de gasolina tipo C e completou-se com uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) 10% m/V até atingir volume de 100 [mL]. Conforme descreve a NBR 13992, tampou-se a proveta e inverteu-se por dez vezes, evitando a agitação intensa, para promover a extração do álcool pela camada aquosa. Deixou-se em repouso por quinze minutos até a completa separação das fases. Após a separação das fases o percentual de álcool na amostra de gasolina foi calculado através da equação 1.

$$V = [(A - 50) \times 2] + 1 \quad Eq.01$$

V = percentual volume/volume de etanol anidro combustível na gasolina

A = aumento da camada aquosa [mL].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram nos postos 1, 4, 6 e 7 apresentaram resultados de 29%, uma variação de 2% a mais do que requeridos pela norma da ABNT 13992, que permite uma variação de 27% de etanol anidro. Os postos 2 e 5 apresentaram os mesmos resultados, ambos tiveram um aumento na porcentagem de etanol em 4% em todas as análises. Já o posto 3 teve uma variação nas análises, começando com 31% e terminando com 33% de etanol resultando em uma variação de mais ou menos 5%. A amostra analisada no posto 8 mostra uma variação para menos de 2% do permitido pela norma.

Os postos 9 e 10 apresentaram resultados com maior índice de adulteração do teor de etanol anidro com 59% e 35%, respectivamente. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 1. As análises mostram que os postos analisados neste trabalho estão fora do padrão estabelecida pela norma, segundo para combustíveis comercializados com alto teor de anidro, este comprometerá o veículo gerando corrosão de peças e falhas nos motores (TAKE-SHITA, 2006).

Tabela 1 - Porcentagem de etanol adicionado à gasolina para os postos de combustíveis.

	Porcentagem do Etanol (%)			Porcentagem da Gasolina (%)		
	1ª Análise	2ª Análise	3ª Análise	1ª Análise	2ª Análise	3ª Análise
Posto 1	29	29	29	71	71	71
Posto 2	31	31	31	69	69	69
Posto 3	31	33	32	69	67	68
Posto 4	29	29	29	71	71	71
Posto 5	31	31	31	69	69	69
Posto 6	29	29	29	71	71	71



Posto 7	29	29	29	71	71	71
Posto 8	25	25	25	75	75	75
Posto 9	59	59	59	41	41	41
Posto 10	35	35	35	65	65	65

A ANP (*Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*), órgão fiscalizador responsável, emite relatórios mensais sobre a qualidade dos combustíveis comercializados no país através do programa de Monitoramento da Qualidade de Combustíveis (ANP, 2019).

O Boletim mensal do monitoramento da qualidade dos combustíveis líquidos automotivos, disponibilizado ANP no mês de março de 2019, mostrou que no Estado do Maranhão o índice de conformidade (IC%) da gasolina comercializada foi de 100%, apresentando aproximadamente 2% acima da média nacional (ANP, 2019).

Observa-se que os dados da ANP 2019, mesmo mês em que foram coletadas e analisadas as amostras de gasolina, não foi registrado nenhum posto com adulteração em todo Estado do Maranhão, porém somente em uma semana do mês de março que ocorreu as coletas, foram registrados adulteração na gasolina em todos os postos. Este maior número de adulterações do que aquele detectado pelos órgãos fiscalizadores pode representar um sério problema ao direito do consumidor (NUNES; MALDONADO, 2013).

Em 2017, após constante denúncias por suspeita de adulteração nos postos de São Luís o PROCON – MA iniciou uma prática educacional para um treinamento sobre teste de qualidade e volume de combustíveis, no intuito de capacitar os fiscais e orientar o consumidor sobre seus direitos, mostrando como realizar os testes de qualidades, que devem ser realizados sempre que o consumidor solicitar (PROCON – MA, 2017).

Em março de 2017, quando iniciou uma operação chamada de “batismo” fiscalizações foram realizadas em 108 postos de combustíveis em São Luís, destes, três postos foram lacrados e dois autuados por irregularidade quanto aos materiais para o teste de qualidade. Durante visitas realizadas em postos de gasolina em São Luís, a equipe do Procon/MA comprovou em um dos postos que a quantidade de etanol na gasolina comercializada estava 20% acima do permitido pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (PROCON – MA, 2017).

O governo do Estado do Maranhão incentiva o consumidor que suspeite de qualquer desrespeito aos seus direitos quanto a qualidade do combustível realize denúncia por meio do aplicativo, site ou em qualquer unidade física do Procon.

4. CONCLUSÕES

Através deste trabalho, conclui-se que as coletas analisadas sobre o teor de etanol anidro etílico na gasolina tipo C na região metropolitana na cidade de São Luís – Ma estão fora do estabelecido pela legislação ANP que estabelece 27% o teor de álcool na gasolina. Utilizando métodos de análises de acordo com a ABNT 13992 constatou-se uma variação entre 29% a 33% no teor de álcool anidro na gasolina nos postos onde foram feitas as coletas, assim para



este período as amostras não atenderam as especificações vigentes.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Boletim de monitoramento da qualidade dos combustíveis**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/images/QUALIDADE/BOLETIM/2019_MAR_Boletim_PMQC.pdf >. Acesso em: 29 de abr. de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Consumo de combustíveis no Brasil subiu 0,4% na comparação entre 2017 e 2016**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/perguntas/288-produtos-regulados-faq/gasolina-faq/3747-gasolina-faq> >. Acesso em: 09 de mar. de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **O que é a gasolina formulada?** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/perguntas/288-produtos-regulados-faq/gasolina-faq/3747-gasolina-faq> >. Acesso em: 09 de mar. de 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cronologia da mistura carburante etanol anidro – gasolina no Brasil**. 2015. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos/cronologia-da-mistura-carburante-etanol-anidro-gasolina-no-brasil.pdf> >. Acessado em: 30 de abr. de 2019.

BARROS, M. M.; Análise da flexibilidade do refino de petróleo para lidar com choques de demanda de gasolina na Brasil. 2014. 142f. **Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético)** – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

CRUZ, J. F. M.; SILVA, M. I. P.; SOTO, C. A. T. Caracterização de gasolinas por espectroscopia FTIR. 2003. 215f. **Tese (Doutorado em Química)** – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

FREITAS, L. A.; Avaliação da qualidade da gasolina tipo c de um município da Paraíba. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial)** - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

NUNES, C. Adulteração na gasolina. 2011. 58f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial)**. Faculdades Integradas Maria Imaculada, Mogi-Guaçu.

NUNES, C.; MALDONADO, R.R.; Avaliação da qualidade da gasolina comercializada em postos de combustíveis da região de mogi guaçu. **FOCO**, n. 4, 2013, p 71 – 81.

OLANYK, L.Z. *et. al.*; Avaliação das emissões gasosas, parâmetros de qualidade e desempenho de consumo de um motor de combustão interna operando com misturas gasolina/adulterante em diferentes proporções. **Revista CIATEC**, vol. 6, 2014, p 15-30.

PROCON-MA. **Procon-MA realiza treinamento sobre testes de qualidade e volumetria dos combustíveis. Maranhão de todos nós**. Disponível em: < <http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/sala-de-imprensa/procon-ma-realiza-treinamento-sobre-testes-de-qualidade-e-volumetria-dos-combustiveis> >. Acesso em: 28 abr. 2019.

PRUDENTE, C.H.; Estudo da qualidade da gasolina em postos de abastecimento da cidade de Cândido Mota. **Trabalho de Conclusão de Curso** - Fundação Educacional do Município de Assis, Assis, 2010.

TAKESHITA, E. V. Adulteração de gasolina por adulteração de solventes: análise dos parâmetros físico-químicos. 2006. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

THARBY, R. Catching gasoline and diesel adulteration. Urban Air Pollution. South Asia Urban Air Quality Management Briefing, The World Bank, Note n. 7. 2002. Disponível em: < <http://meerutup.tripod.com/diesel.pdf> >. Acesso em: 09 mar. 2019.



CAPÍTULO 6

ANÁLISE DA VIBRAÇÃO NO PROCESSO DE TORNEAMENTO UTILIZANDO O PLANEJAMENTO DOEHLERT

Antônio Belfort Campos Neto, Jeffeson Pereira de Sousa, André Luís Weber Buonocore, Rubens Soeiro Gonçalves, Antônio Santos Araújo Júnior

Resumo: O objetivo deste trabalho foi analisar as vibrações no processo de torneamento utilizando o Planejamento Doehlert. Os processos de usinagem, incluindo o de torneamento, são influenciados por diversas variáveis do processo, como velocidade de corte, penetração da ferramenta, tipo da ferramenta (suas propriedades). Características de rigidez e de amortecimento de vibrações são essenciais para a qualidade das operações desse sistema, já que a vibração em excesso acarreta diversos problemas durante o processo e no resultado final de produção das peças na usinagem: desgaste prematuro e avarias na ferramenta de corte; danos aos componentes da máquina; deterioração da qualidade superficial e perda de precisão dimensional das peças; ruídos indesejáveis e desagradáveis e aumento do consumo de energia elétrica. A matriz do Planejamento experimental de Doehlert foi utilizada nesse trabalho para estudo de um processo de usinagem (desbaste externo a seco de um tarugo de aço ABNT 1045), objetivando encontrar uma relação entre as variáveis de entrada controláveis (velocidade de corte e profundidade de corte) e a vibração do processo (variável de saída incontroleável). Nos níveis +1, -1, +0.5, -0.5 e 0, foram as velocidades de corte estudadas e a partir desse planejamento foram propostos quatro diferentes tipos de modelo (lineares e quadráticos com e sem interação) de polinômio que representam a relação entre as variáveis de entrada e a vibração, ajustando cada modelo pelo método dos mínimos quadrados. A partir da análise de variância, do coeficiente R^2 e do coeficiente R^2 ajustado, escolheu-se então o modelo que melhor representava a função real da relação, apresentando ainda as superfícies de resposta e gráfico dos contornos para o modelo selecionado. Os resultados mostrados pelo efeito causado por cada variável de entrada na variável de saída de vibração determina o melhor modelo.

Palavras-chave: Planejamento experimental Doehlert; Vibração; Torneamento; Usinagem.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento experimental é uma ferramenta de grande valia para a engenharia. O seu estudo e utilização traz inúmeros benefícios na resolução de problemas dentro de um processo. O planejamento experimental trata-se de análise de variáveis de entrada de um processo, com a finalidade de avaliar os efeitos destas variáveis em uma ou mais variáveis não controláveis, possibilitando dimensionar a influência das variáveis de entrada no produto final.

O planejamento experimental resulta alto grau de confiabilidade dentro de um processo, pois estima a aplicação de um número mínimo de experimentos.

Segundo Button (2005), o planejamento experimental é uma ferramenta imprescindível no desenvolvimento de novos processos e no aperfeiçoamento de processos em andamento. A redução da variabilidade de resultados, diminuição do tempo de análise e custos de processo são obtidos por meio de um planejamento adequado.

Neste artigo foi utilizado o planejamento Doehlert, sua matriz representa os vértices de um hexágono, no qual o número total de experimentos é igual a k^2+k+pc , onde k é o número de fatores e pc o número de experimentos no ponto central. O planejamento Doehlert possui a vantagem de se obter um resultado altamente confiável dentro de um baixo número de ensaios. O planejamento Doehlert foi utilizado na análise de um processo de usinagem (torneamento), foram analisadas as variáveis de entrada: Profundidade de corte e velocidade de corte, afim de descobrir a influencia destas na vibração. Essa análise é extremamente importante para o processo de usinagem por torneamento, tendo em vista que altos valores de vibração podem causar diversos problemas como: Peça com acabamento defeituoso; Ferramenta com vida útil reduzida; Variação na formação de cavaco e; Aumento da rugosidade da peça.

“Teófilo e Ferreira (2005), desenvolveu de maneira simples e didática, planilhas eletrônicas, utilizando-se o software Excel® da Microsoft para realizar cálculos de planejamentos experimentais e otimização empregando Metodologias de Superfície de Resposta (RSM)”. Desta maneira, o trabalho descreve, de modo amplo e objetivo, os métodos implementados empregando planilhas eletrônicas. Este tutorial enriquece as opções tanto para professores de nível superior e alunos de graduação e pós-graduação, quanto para profissionais da área industrial. Amplia ainda as opções de algoritmos para cálculos empregando tais planejamentos.

“Castro (2013), utilizou o Planejamento Experimental Doehlert aplicado à usinagem (torneamento cilíndrico externo) com o objetivo de determinar e avaliar a correlação entre o percurso de corte da ferramenta (variável de saída) em função das variáveis velocidade de corte e avanço (variáveis de entrada), no processo de usinagem do material ABTN 1045 com ferramenta HSS”. A partir dos experimentos foi determinada uma correlação entre o avanço e a velocidade de corte com a variável de saída (percurso de corte), ajustada pelo método dos mínimos quadrados, na qual a relação entre as variáveis de entrada foi determinada por modelos propostos compostos de até quatro parâmetros em que foram considerados modelos com e sem interação além do modelo quadrático. Todos os modelos foram analisados pela ANOVA. O modelo que melhor representou a função foi o quadrático com quatro parâmetros, sem interação e o cálculo dos efeitos para o melhor modelo revelou que o variável avanço



apresentou-se mais significativa do que a variável velocidade de corte.

1.1 Vibrações na Usinagem

Dentre as diferentes fontes de vibrações que podem atuar no fresamento, destacam-se as vibrações forçadas e as vibrações regenerativas. As vibrações forçadas são causadas pelo contato (impacto) do dente da ferramenta de corte na peça e ocorrem em todos os processos de fresamento. Já as vibrações regenerativas, segundo “Altintas (2000), resultam de um mecanismo de auto excitação na geração da espessura do cavaco durante as operações de usinagem”. Um dos modos estruturais do sistema máquina-ferramenta-peça é excitado inicialmente por forças de corte.

No torneamento externo, por exemplo, o balanço da ferramenta não deve ser afetado pelo comprimento da peça e o tamanho do porta-ferramenta deve ser escolhido para suportar as forças e as tensões que normalmente surgem durante a operação. Já no torneamento interno, a escolha da ferramenta é mais restrita devido ao diâmetro e ao comprimento do furo da peça, uma vez que a profundidade determina o balanço.

O conjunto máquina-ferramenta-peça apresenta características de rigidez, amortecimento e vibrações que são essenciais para a qualidade da operação de usinagem. Vibrações podem causar desgaste prematuro da ferramenta de corte, interferência na qualidade superficial, perda de precisão dimensional, danos em componentes da máquina operatriz, além de ruídos indesejáveis e prejudiciais ao ambiente de produção. Esse fenômeno complexo vem sendo estudado há mais de cem anos em suas três formas básicas: a vibração livre, a vibração forçada e a vibração auto excitada.

A vibração livre é causada por choque, a forçada é geralmente causada por forças periódicas presentes na máquina, como forças provenientes de engrenagens ou da instabilidade de componentes da máquina além de desalinhamentos de motores ou de bombas. Além disso, as vibrações forçadas podem ser causadas pelo contato periódico da ferramenta de corte com a superfície da peça. Já a vibração auto excitada, também conhecida por chatter, normalmente traduzida por trepidação, é causada pelas interações do processo de remoção de cavaco com a estrutura da máquina.

1.2 Planejamento Experimental

Planejamento experimental é um conjunto de ensaios (com normas pré-estabelecidas) que são realizados, objetivando-se descobrir os efeitos e intensidade destes efeitos de variáveis de entrada em determinada variável manualmente incontrolável do processo, realizando um número mínimo de experimentos com vistas a alcançar um bom grau de confiabilidade. Esse objetivo maior pode ser dividido em outros objetivos de acordo com o propósito dos ensaios, a saber:

- a) Determinar quais variáveis são mais influentes nos resultados;
- b) Atribuir valores às variáveis influentes de modo a aperfeiçoar os resultados;



c) Atribuir valores às variáveis influentes de modo a minimizar a variabilidade dos resultados;

d) Atribuir valores às variáveis influentes de modo a minimizar a influência de variáveis incontroláveis.

Button (2005), destaca que “se utilizadas corretamente, as técnicas de planejamento poderão facilitar muito a vida do pesquisador. Com essas técnicas, será possível realizar ensaios com uma maior qualidade, que nos entregam melhores resultados e com maior grau de confiabilidade”.

1.3 Objetivo Geral

Estudar os efeitos causados pelas condições de corte na vibração durante ao torneamento do aço SAE1045, utilizando o planejamento Doehlert.

1.4 Objetivos específicos

a) Utilização do planejamento Doehlert;

b) Ajuste pelo MMQ dos pontos experimentais aos modelos propostos com e sem interação e quadrático;

c) Determinação experimental da vibração presente no torneamento através do desbastamento de tarugos de aço ABNT 1045, variando, profundidade de corte (A_p) e a velocidade de corte (V_c);

d) Análise da variância entre os modelos estudados;

e) Estabelecer relações entre os parâmetros de usinabilidade, parâmetros de entrada - velocidade de corte e profundidade de corte – e os parâmetros de saída – vibração medida com sensor;

f) Determinar superfícies de resposta;

g) Determinar os efeitos dos parâmetros.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

No decorrer do trabalho, foram usados os seguintes materiais para alcançar os resultados desejados:

- Tarugo de aço SAE 1045



- Torno Mecânico universal
- Pastilha BRASSINTER MC7435
- Medidor de Vibração
- Software MatLab

2.2. Método

O primeiro passo foi usinar o tarugo para que ficasse com as medidas mencionadas anteriormente (comprimento de 300 mm e diâmetro de 30 mm). Feito isso, fixou-se uma extremidade da peça na placa de castanhas e utilizou-se de um contraponto na outra extremidade, para que a vibração forçada causada pela distância da área usinada para a placa de castanhas fosse reduzida, deixando em maior evidência os efeitos causados pela profundidade de corte e velocidade de corte. O sensor foi posicionado no contraponto, porque, após alguns testes rápidos, constatou-se que era o local de mais fácil aquisição de dados.

Em vista do exposto, os testes foram realizados, segundo a matriz de Doehlert, com suas respectivas réplicas, de acordo com as técnicas de realização de ensaios do planejamento. Os valores da Velocidade de corte (V_c em m/min) e profundidade de corte (a_p em mm) para cada ensaio são apresentados na matriz de Doehlert abaixo:

A rotação utilizada no experimento teve seu valor transformado pra velocidade de corte, porém, como o diâmetro do tubo é de 30 mm para todas as repetições, os valores em RPM serão sempre proporcionais aos valores em metro por minuto (vide equação 1 e tabela 1).

$$V_c = \pi \cdot d \cdot n / 1000 \text{ (m/min)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Tabela 1. Valores codificados e normais das variáveis V_c (m/min) e a_p (mm).

Planejamento (Entrada)			Respostas (Saída)
Ensaio	$X_1(V_c)$	$X_2(a_p)$	Vibração
1	25.45 (0)	2.5 (0)	
2	42.4 (1)	2.5 (0)	
3	33.93 (0.5)	3.8 (0.866)	
4	8.48 (-1)	2.5 (0)	
5	16.96 (-0.5)	1.2 (-0.866)	
6	33.93 (0.5)	1.2 (-0.866)	
7	16.96 (-0.5)	3.8 (0.866)	

Para os cálculos do polinômio que representa a função da superfície de resposta, serão utilizados os valores da velocidade de corte V_c (m/min). Com os valores da variável vibração definidos, o próximo passo foi à escolha dos polinômios que representam a função y , vários polinômios foram testados, porém, muitos desses possuíam superfície de resposta muito similar uns aos outros. Por fim, chegou-se aos 4 polinômios, onde o modelo 1 é o modelo linear sem interação entre as variáveis, o modelo 2 é o modelo linear com interação, o modelo 3 é o

modelo quadrático sem interação e o modelo 4, por fim, é o modelo quadrático e com interação.

Com os valores de todos os y 's disponíveis é possível realizar a análise de variância (ANOVA). Foi desenvolvido um código no programa MATLAB para desenvolvimento e análise de todas as etapas do processo, onde os valores das variáveis de entrada e de saída eram informados, assim como os modelos utilizados. Feito isso o programa forneceu todos os valores e gráficos necessários para análise dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dados Coletados e Análise dos Resíduos

Após a realização dos ensaios e de suas réplicas, os seguintes resultados foram encontrados, mostrados na tabela 2:

Tabela 2. Dados coletados no experimento

Ensaio	V_c (m/min)	a_p (mm)	Vibração 1 (m/s^2)	Vibração 2 (m/s^2)
1	25.45 (0)	2.5 (0)	17.4	17.6
2	42.4 (1)	2.5 (0)	30	29
3	33.93 (0.5)	3.8 (0.866)	32.5	30.5
4	8.48 (-1)	2.5 (0)	6.8	7.2
5	16.96 (-0.5)	1.2 (-0.866)	10.6	11.4
6	33.93 (0.5)	1.2 (-0.866)	14.8	13.2
7	16.96 (-0.5)	3.8 (0.866)	16.5	15.9

A variação nos resultados da vibração encontrados se deve, principalmente:

- A distância da superfície usinada em relação à placa onde a peça foi fixada (a vibração diminuiu; se comparando os ensaios com mesmos valores, à medida que a ferramenta se aproximava da placa de castanhas que fixava a peça no torno universal);
- A afiação da ferramenta de corte, que, no decorrer dos ensaios, vai diminuindo e causando um aumento de vibração, por isso utilizou-se uma face da ferramenta para cada grupo de ensaio.

O medidor de vibração fornece valores de máximo e mínimo para essa variável, tendo em vista que ela oscilava no decorrer do ensaio. A medida de vibração que se encontra na tabela 2, corresponde a uma média entre os valores máximo e mínimo que o sensor forneceu no decorrer do ensaio. Os valores para velocidade de corte e profundidade de corte máximo (+1) e mínimo (-1) foram escolhidos a partir de consulta da tabela de parâmetros de usinagem indicados para a pastilha utilizada nos ensaios de acordo com a produtora BRASSINTER. Utilizando a equação 4, são encontrados os valores para todos os coeficientes b_i presentes nos polinômios que representam os modelos 1, 2, 3 e 4. Com a utilização das equações 2 e 3 e os valores codificados da tabela 2, apresentam-se na tabela 3 as equações originadas a partir dos valores codificados da matriz de Doehlert (+1, -1, +0.866, etc.)

$$b = (X^t X)^{-1} X^t y \quad (\text{Eq. 2})$$

$$x_i = \frac{(z_i - z_i^0)}{\Delta z_i} \beta_d \quad (\text{Eq. 3})$$

Tabela 3. Equações encontradas com parâmetros utilizados experimentalmente.

Modelo	Equações
1	$y = 18.0286 + 10.4667 x_1 + 6.4088 x_2$
2	$y = 18.0286 + 10.4667 x_1 + 6.4088 x_2 + 6.8129 x_1 x_2$
3	$y = 17.500 + 10.4667 x_1 - 6.4088 x_2 + 0.75 x_1^2 - 0.4834 x_2^2$
4	$y = 17.500 + 10.4667 x_1 + 6.4088 x_2 + 6.8129 x_1 x_2 + 0.75 x_1^2 - 0.4834 x_2^2$

4. CONCLUSÃO

Este tópico será destinado a observações feitas durante os ensaios e análises dos resultados: .

Houve certa limitação do torno para o ajuste dos pontos da matriz de Doehlert, isso porque nem todos os valores reais, que derivam das variáveis codificadas, são encontrados nas configurações do torno. Portanto, os pontos centrais nos experimentos foram ajustados aos valores possíveis, isto é, valores práticos de serem inseridos ao torno.

Analisando os resultados expressos no experimento, com a utilização do planejamento Doehlert chegou-se a uma correlação empírica, objetivando a definição de um modelo que melhor representasse a relação entre as variáveis de entrada (Velocidade de corte e profundidade de corte) e de saída (Vibração). Para tal, foi utilizada a matriz de planejamento Doehlert. Então se tem que a conclusão que o melhor representante para a relação entre os parâmetros de entrada e saída é o modelo 2 linear, com quatro parâmetros e interação entre variáveis.

Diante dos resultados expostos, foi calculado o efeito que cada variável tinha para influenciar a variável de resposta (Vibração). De acordo com os cálculos e com a análise dos gráficos de contorno, a variável Velocidade de corte (vc) mostrou-se a variável com maior influência na vibração. Constatou-se, também, que ambas as variáveis de entrada são diretamente proporcionais à vibração, ou seja: quando se aumenta a profundidade de corte e a velocidade de corte, ocorrerá um aumento na vibração.

Referências

Altintas, Y., 2000, "Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC design", 1.Ed. New York, Cambridge University Press, 288 p.

Button. T. "Metodologia para planejamento experimental e análise de resultados". Campinas, 2005.

Castro, Thyago de Oliveira. "Análise do desgaste da ferramenta no processo de faceamento do aço ABNT 1045 Utilizando o planejamento Doehlert". Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica Industrial). - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, 2013.



Teófilo, R. F.; Ferreira, M. M. C. "Quimiometria II: Planilhas Eletrônicas para Cálculos de Planejamentos Experimentais, um Tutorial". Química Nova, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 338-350, maio/dez. 2005.



CAPÍTULO 7

BANCADA EDUCACIONAL PARA ESTUDO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MANCAIS DE ROLAMENTO

Bruno Endreu Ferreira Almeida, Rubia Ribeiro Almeida, Charlon Moura de Oliveira, José Wilson Coelho Sousa

Resumo: Os rolamentos são um dos componentes mais importantes em máquinas e equipamentos e são utilizados como elementos de ligação para interligar componentes de movimentos relativos à rotação. Eles estão presentes na maioria das máquinas. A quebra ou falha de um desses componentes levam a parada do equipamento trazendo prejuízos muitas vezes incalculáveis. A partir desses problemas recorrentes houve a necessidade de se utilizar de novas técnicas afim de diminuir possíveis prejuízos, tornando previsíveis as falhas em mancais de rolamento. E a partir da evolução de processadores eletrônicos se tornou possível fazer a análise de monitoramento e diagnósticos com resultados satisfatórios. A bancada de testes tem como finalidade simular possíveis falhas em longa escala e a detecção delas através da técnica de análise de vibrações

Palavras-chave: Mancais de Rolamento, Falhas , Manutenção Preditiva, Análise de vibrações.

1. INTRODUÇÃO

Em toda área industrial a continuidade operacional das plantas dependem da performance de alguns equipamentos, como bombas centrifugas, motores e correias transportadora, que em sua maioria utilizam mancais de rolamento e são projetados para atuarem centenas de horas, podendo atingir durabilidade maior que a prevista, dependendo das cargas, lubrificação e contaminação (VASCONCELOS;RIBERA,2012).

As falhas dos mancais de rolamento podem causar danos pessoais e econômicos. Evidenciando há necessidade de análise por métodos não-destrutivos, como a análise de vibrações para que se possa detectar uma previsibilidade dos defeitos em rolamentos com antecedência permitindo a troca dos mesmos sem que haja paradas inesperadas ou perdas de lucro cessante (ALMEIDA,2007).

Segundo almeida (2007), as técnicas de processamento de sinais para detecção e diagnósticos de falhas em mancais de rolamento para análises de falhas. Os sintomas de vibrações de vários modos de falha são complexos e podem ser difíceis de prever. Esses modos de falhas que resultam na interação dos componentes do mancal como falhas na lubrificação, produziram ruídos e vibrações.

Este trabalho possui a finalidade de reproduzir em menor escala uma bancada para exemplificar análises de manutenção preditiva. A bancada terá o objetivo de simular os efeitos adversos de vibrações em mancais de rolamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi elaborado a partir da montagem de uma bancada didática para a análise de vibração de mancais de rolamento, primeiramente foi realizado um estudo acerca do tema em questão, desenvolvido em solidworks o projeto e dimensionamento, elaborou-se uma lista dos materiais necessários e o tipo de análise que seria utilizada, optou-se por usar a caneta para análise de vibração da marca SKF onde se dispõe da mesma no laboratório da faculdade, no segundo momento do projeto iniciou-se a compra das peças e reaproveitamento de sucatas para a montagem da bancada.

Utilizou-se o laboratório da faculdade Pitágoras e uma oficina de usinagem cedida a um dos membros da equipe, toda a estrutura foi montada sobre uma tabua com dimensionamento (), fixação de quatro mancais pedestal de rolamento à tabua e alinhados ao eixo, onde os dois eixos foram retirados de amortecedores e usinados até a medida dos mancais de rolamentos, um deles foi usinado para a adaptação de um acoplamento junto ao eixo do motor e na sua outra extremidade foi acoplado uma engrenagem menor de 14 dentes.





Figura 1 – Materiais Para Montagem da Bancada
Fonte: Autores



Figura 2 – Montagem da Bancada
Fonte: Autores

No segundo eixo foi utilizada engrenagem maior de 19 dentes, se fez uso de uma corrente de moto usada para completar o conjunto que fez a rotação do eixo secundário, junto a um motor de $\frac{3}{4}$ de cv onde desempenhou as rotação necessárias para os devidos testes, foram fixados pés de borracha para evitar a vibração excessiva, a ligação feita em um chaveamento liga/desliga.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bancada didática para a análise de estudos de manutenção preditiva em mancais de rolamento, apresentou o resultado esperado. Houve um aumento dos períodos de frequência de movimento, devido ao desnivelamento dos eixos dos mancais.

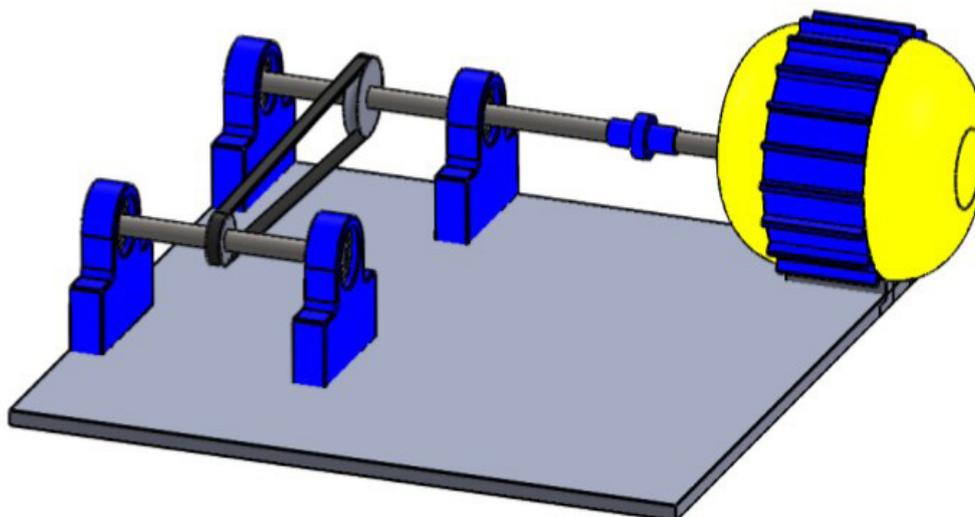


Figura 3 – Desenho da bancada didática

Foram calçados os eixos da engrenagem movida, afim de provocar um desalinhamento entre eixos. Após essa etapa foram feitos testes com a bancada nas duas condições. Onde nitidamente os resultados foram imediatos, com os aumentos dos níveis de frequência e amplitude, podendo provocar quebras futuras.

Comparando os resultados dos dois testes foi possível notar o diagnóstico do defeito logo em seu estado inicial, podendo assim a análise de vibrações ser um fator importante, afim de prevenir quebras e paradas em mancais de rolamento, auxiliando as equipes de manutenção.

5. CONCLUSÃO

O protótipo que simula uma bancada de análise de vibrações atendeu as expectativas e demonstrou ser de grande importância para a demonstração de resultados práticos. A bancada é de grande importância para a demonstração de situação corriqueira em plantas industriais através de um método ainda pouco utilizado e que traz resultados rápidos, sendo de grande eficácia para equipes de manutenção tenha uma previsibilidade da falha.

Referências

ALMEIDA, Fabiano Ribeiro. **Análises estatísticas e reconhecimento de padrão aplicados em diagnósticos de defeitos em rolamentos através de análise de vibração. Tese** (doutorado em engenharia mecânica)- universidade federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

VASCONCELOS, Nivaldo; RIBERA, Marcos Pinto. **Técnicas de análise de defeitos em rolamentos. Técnica tradicional, nova tecnologia e perspectivas de uso na Açominas.** Ouro Branco. 2012.



CAPÍTULO 8

SIMULAÇÃO DE UM CIRCUITO TÉRMICO DO CICLO POR COMPRESSÃO DE VAPOR UTILIZANDO O SOFTWARE CRE 1.0: ESTUDO DE UM APARELHO DE AR CONDICIONADO CONCEITUAL COMPARANDO A POTÊNCIA DESENVOLVIDA NO COMPRESSOR, COEFICIENTE DE PERFORMANCE E CUSTO DA ENERGIA CONSUMIDA PARA OS REFRIGERANTES R22 E R134A

Ayrton Campos Pestana, Ingrid Gomes Pereira, Luiz Henrique Costa Ferreira, Sérgio Raphael Lopes Buratto, Swanny Vila Nova Leite, Isa-que Silva dos Santos

Resumo: A refrigeração para conforto térmico tornou-se um item necessário e indispensável para a comodidade da vida urbana. Para a obtenção de um aparelho que satisfaça a exata remoção de calor do ambiente, é vital o dimensionamento do local a ser climatizado pelo cálculo de carga térmica. Porém, somente a função de climatizar o ambiente é tão importante quanto conhecer a eficiência da máquina térmica inserida no local. Para sanar esta dúvida, existem ferramentas computacionais que auxiliam na busca de tais respostas de maneira simples e objetiva para obtenção de informações para um melhor aproveitamento da energia consumida pela máquina. Ao final desta obra serão conhecidas variáveis como a vazão do refrigerante, potência do compressor e o coeficiente de performance da máquina para avaliação entre os fluidos R22 e R134a quanto consumo de energia.

Palavras-chave: consumo, energia, performance, refrigerante.

1. INTRODUÇÃO

Para a climatização de ambientes, o emprego de máquinas térmicas que utilizam os princípios de absorção e rejeição de calor é diversificado de acordo com a carga térmica dimensionada e característica do ambiente. No que tange não somente a climatização, e sim a eficiência térmica da máquina quanto ao aproveitamento da energia, esta variável é um fator de estudo de extrema relevância no aperfeiçoamento do rendimento térmico. Tratando-se do desempenho de sistema, SILVA (2004, pág. 91) conceitua que um ciclo de Refrigeração pode ser avaliado através do coeficiente de performance.

SILVA et al (2010) sintetiza que o coeficiente de performance é a relação entre a capacidade de refrigeração e a potência do compressor, e assim indica o consumo gerado por essa potência. Logo alto coeficiente de performance indica baixo consumo de energia.

Para a obtenção de dados afim de satisfazer dúvidas quanto à eficiência ou não de um determinado fluido refrigerante, podemos utilizar softwares de ambiente simulacional. De acordo com PANESI (2015, pág. 221), "...atualmente existem recursos para a solução de casos que envolvem estudos termoenergéticos, com o emprego de programas computacionais que facilitam os cálculos, substituindo o método manual, muitas vezes cansativo e demorado". A utilização de tais ferramentas vem proporcionando uma análise com maior eficiência e agilidade para solução de problemas que possam demandar mais tempo.

Afirma MORAN; SHAPIRO (2012, pág. 84): "a utilização de programas de computador para a avaliação de propriedades termodinâmicas está e já é, prática comum na engenharia». SOUSA; OLIVEIRA; et al (2015) enfatiza que na engenharia o uso de simuladores é um recurso importante para sistemas de refrigeração quando o foco é a retirada de calor do ambiente e o rendimento energético. Este trabalho possui a finalidade da análise em particular da eficiência mecânica e térmica de uma máquina de ar condicionado utilizando o software CRE (Chemours Refrigerant Expert) cedido gratuitamente pela Empresa Chemours para cálculos de ciclos de refrigeração teórica, em especial ao Ciclo por Compressão de Vapor que utiliza o fluido refrigerante R-22 e R-134a.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi baseada na estimativa teórica de temperatura e pressão para condições normais de temperatura nos trocadores térmicos do ciclo por compressão de vapor real para a cidade de São Luís. Além dessas variáveis foi realizada consulta a tabelas termodinâmica do fluido R-22 e R134a para conhecimento de pressão pela temperatura mediante o estado do gás, entalpia, entropia e título; e utilização do software CRE 1.0 para cálculo de variáveis e propriedades térmicas na máquina em estudo.

Os fluidos em estudo serão o R-22 (gás refrigerante HCFC) e R134a (gás refrigerante HFC) para a simulação em uma máquina de 36.000 (trinta e seis mil) btus's onde será conhecida a energia consumida durante o ciclo pelo gráfico pressão x entalpia gerado durante a simulação.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

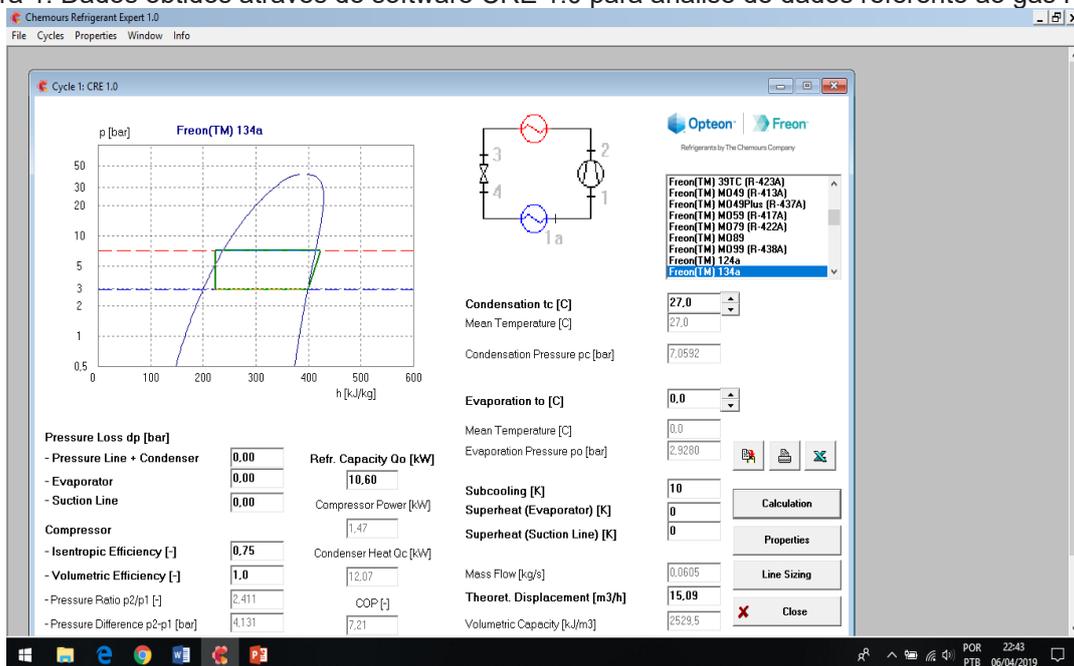
Para o estudo comparativo entre os Fluidos R22 e R134 foram considerados as seguintes informações para ambas as simulações para os dois fluidos em análise:

- 1 – Temperatura de Evaporação: 0° C;
- 2 – Temperatura de Condensação: 27° C;
- 3 – Calor Absorvido no Evaporador: 10,60 Kw;
- 4 – Sub-Resfriamento: 10 K;
- 5 – Eficiência Isentrópica do Compressor: 80 %.

As variáveis inseridas no programa foram consideradas envolvendo condições normais que poderiam ser obtidas na cidade de São Luís em condições usuais e normais do tempo.

Os dados foram inseridos no software CRE 1.0 e assim obtidas as seguintes informações para o Gás R 134^a: $\dot{m} = 0,0605 \text{ Kg/s}$, $W_c = 1,47 \text{ Kw}$; $Q_c = 12,07 \text{ Kw}$; $COP = 7,21$ como ilustra a figura 1.

Figura 1: Dados obtidos através do software CRE 1.0 para análise de dados referente ao gás R134a



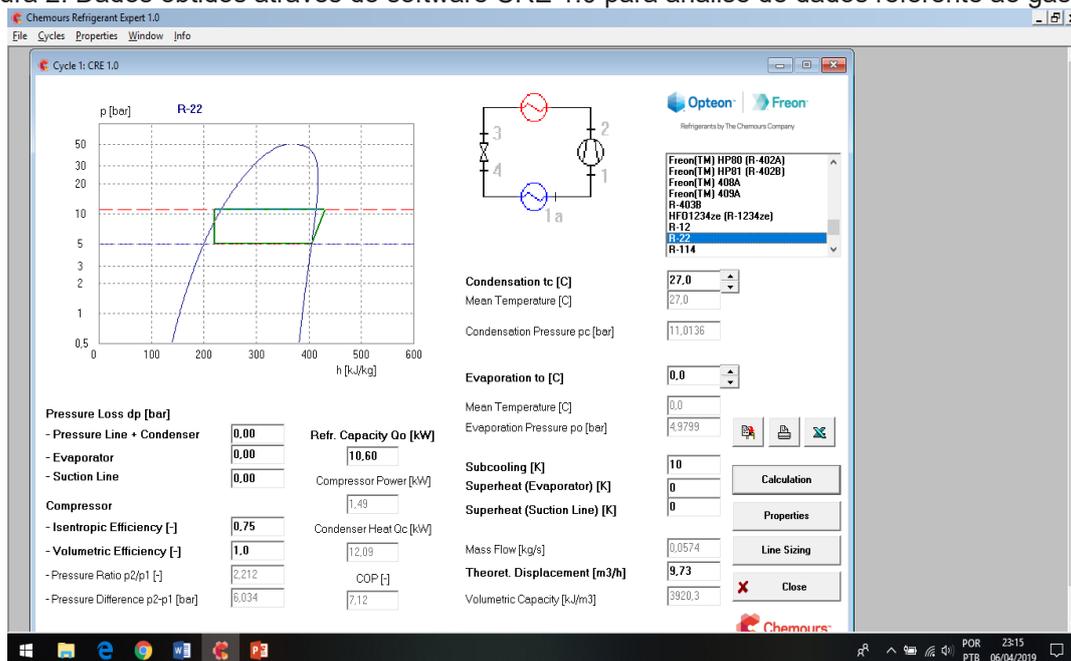
Fonte: Autor (2019)

Em seguida foi selecionado apenas a gás R22, com a manutenção dos mesmos dados de entrada anteriores. Logo, o software conduziu as seguintes informações: , como ilustra a figura 2.

O gás refrigerante R 22 funciona normalmente com pressões elevadas, e esse fator pode influenciar no trabalho e consumo do compressor, por isso, em condições de equivalência o

valor da potência do compressor varia mais do que comparado ao R 134^a.

Figura 2: Dados obtidos através do software CRE 1.0 para análise de dados referente ao gás R22



Fonte: Autor (2019)

A partir dos dados obtidos, e o produto da potência do compressor pelo número de horas diárias de consumo por um período estimado de 30 dias, a tabela 1 foi gerada a fim de estipular qual máquina térmica possui o menor consumo.

Tabela 1: Tipo de Refrigerante em função da potência, energia consumida e custo de operação.

Refrigerante	Potência do Compressor (Kw)	Energia (Kw/h/mês)	Custo de Energia (R\$/mês)
134a	1,47	352,8	231,44
22	1,49	357,6	234,59

Fonte: Autor (2019)

Como demonstrado o Fluido R134a possui menor custo de operação em relação ao gás R22. Porém, PANESI (2015, pág. 151) defende: "... e a análise de qual refrigerante usar obviamente dependerá do tipo de equipamento, de temperaturas, assim como sua finalidade".

Logo essa análise proposta é fundamentada em ambientes de condições normais e ambientes de temperaturas, e ausência de fatores agressivos que podem aumentar significamente temperaturas de evaporação e condensação.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos observou-se que o coeficiente de desempenho para o gás R134a é maior do que o gás R22, esta constatação significa que o rendimento quanto a eficiência do ciclo térmico é mais eficiente para a utilização do R134a nas condições propostas pelo autor e simuladas através do software CRE 1.0. Utilizando parâmetros do custo da energia para março de 2019, pode-se afirmar que a máquina utilizando o gás R134a possui um menor consumo de energia.



Referências

COELHO, Felipe; OLIVEIRA, Felipe de; SOUSA; Anderson Luan Borges de.; **Modelagem do Sistema de Refrigeração XL23**. Universidade São Francisco. 2015.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N.; **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 6° Ed.

PANESI, Ricardo. **Termodinâmica para Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado com Aplicações Computacionais**. São Paulo: Artliber Editora, 2015.

SILVA, Jesué Graciliano da. **Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização**. São Paulo: Artliber Editora, 2004. 2° rev.

SILVA, Jucélio G. da.; SILVA, Maria L.R. da.; ALMEIDA, Igor M.G.; BARBOSA, Cleiton R.F.; **Estudo Termodinâmico da Aplicação de Hidrocarbonetos em Sistema de Refrigeração**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2010.



CAPÍTULO 9

ANÁLISE DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM ROLAMENTOS RÍGIDOS DE ESFERAS

Angelo Gonzaga Pereira, José Dílson rabelo, Samuel Vilela Santana,
José Wilson Coelho de Sousa

Resumo: Os rolamentos rígidos de esferas são particularmente versáteis. Eles são indicados para velocidade altas, suportam cargas radiais e axiais em ambas as direções e exigem pouca manutenção. O rolamento é um dispositivo que permite o movimento controlado entre duas partes, com a finalidade de sustentar um sistema de transmissão de torque, a qual suporta inúmeros esforços simples ou combinados. Objetivo desde trabalho foi estudar as falhas mecânicas dos rolamentos rígidos de esferas baseado na manutenção preditiva onde visa reduzir e evitar a falha ou a queda no desempenho do equipamento obedecendo os intervalos definidos pelo fabricante.

Palavras-chave: análise, manutenção preditiva, rolamentos, lubrificação.

1. INTRODUÇÃO

Rolamentos são elementos que demandam alta precisão e alta capacidade de carregamento. Além disso, devem trabalhar com torques de baixa fricção e baixas níveis de vibrações, atentando aos níveis de emissão de som. Os mesmos são construídos de quatro partes: o anel externo, um conjunto de esferas ou elementos rolantes e uma gaiola ou separador (VISCHI, 2010).

Os mancais de rolamentos possuem um papel estrutural, que é responsável por garantir o suporte para o eixo. A estrutura e o eixo têm grande importância na aplicação do mancal, pois este desempenha papel fundamental na transmissão de ruídos e vibrações provenientes desta fonte (VISCHI, 2010).

A definição clássica de rolamentos é de um dispositivo que permite o movimento relativo controlado entre duas ou mais partes. Serve para substituir a fricção de deslizamento entre as superfícies do eixo e de um mancal por uma fricção de rolamento (BORK, 2012).

Vários elementos de máquinas foram projetados afim de suprir a necessidades industriais, dentre eles destacam-se os rolamentos que são responsáveis em aguentar grandes cargas, atingir altas velocidades e temperaturas.

Sua finalidade na indústria abrange movimentação de esteiras planas e inclinadas, sistemas lineares, estruturas de elevação e quaisquer tipos de maquinário que dependam da movimentação de estruturas e engrenagens.

2. ROLAMENTOS

Os rolamentos são elementos de máquina indispensáveis que são utilizado em quase todos os aparelhos que usamos em nossa vida cotidiana, desde a máquina de bater suco ao carro que conduzimos. Podemos pensar em qualquer coisa que role e se encontrará de uma forma ou outro tipo de rolamento em suas determinadas funções.

Como o nome sugere, “rolamento” é algo que rola e carrega cargas. Ele mantém firmemente um membro rotativo, não deixando de jeito nenhum que ele se mova ou em termos corretos, mantém algo apertado em seu lugar.

Em termos de engenharia real, um rolamento define algo como isto “quaisquer duas superfícies friccionando uma contra a outra, seja uma bucha ou uma manga de eixo ao redor de um eixo ou uma superfície plana que se desloca sobre outra superfície plana pode ser denominada como rolamento”. Eles ajudam a facilitar a ação rotativa, reduzindo o esforço ou a força necessária. Basta pensar em puxar seu aspirador de pó em torno da casa sem rodas ou sem rolamentos nas rodas.

Eles ajudam a transportar cargas ou ajuda carregara as cargas de algo que tende a girar para algo que é estacionário e tem a capacidade de levar as cargas. Apenas visualize a roda gigante que gira nos rolamentos, o peso total das pessoas junto com o peso da roda gigante



mantendo a estrutura da roda gigante pelos rolamentos.

Como qualquer peça ou componente, os rolamentos apresentam deterioração com o uso; o desgaste é inevitável. Entretanto, um rolamento pode apresentar falha prematura por uma série de razões. As figuras 1 e 2 mostram os componentes e a montagem do sistema (NEPO-MUCENO, 1999).



Figura 1: Componente explodida de um rolamento

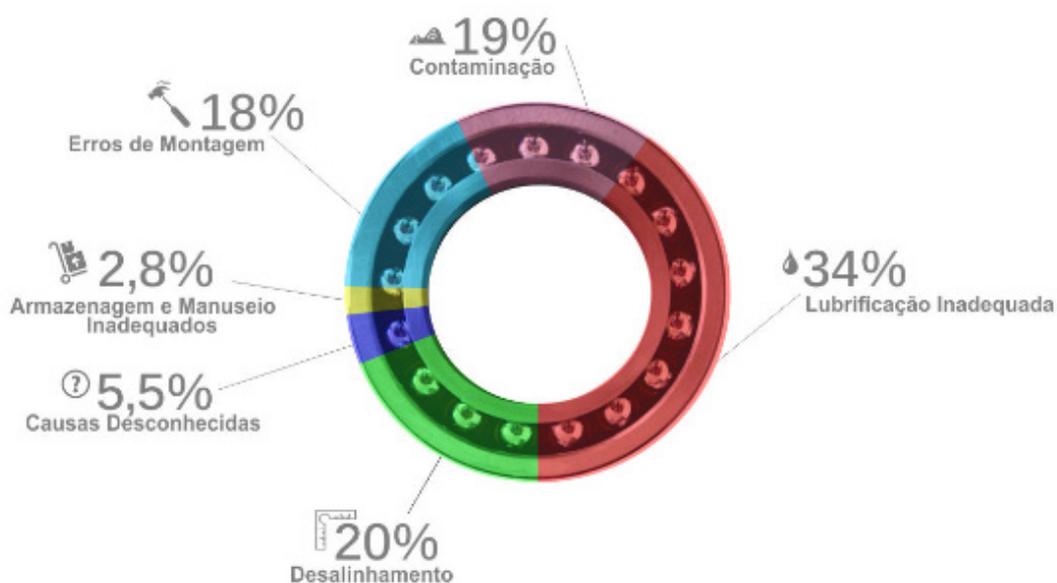


Figura 2: Principais falhas de um rolamento de esferas

• **Lubrificação inadequada:** O lubrificante tornou-se, gradualmente, escasso permitindo o contato entre os componentes do rolamento, ou, ocorreu a perda das propriedades lubrificantes, ou, em

último caso, o lubrificante era inadequado.

- **Montagem incorreta:** Pressão para montagem no anel inadequada, deslocamento excessivo em assento cônico, sobrecarga enquanto o rolamento não gira, etc.

- **Retentores inadequados:** Retentores que permitem a passagem de partículas para dentro do rolamento ou que se deterioram e contaminam o rolamento, e não possui uma pressão adequada no eixo interno e externo da peça.

- **Desalinhamento:** Rolamentos martelados em seu assento, corpos estranhos entre o anel e o assento, eixo torto ou envergado, que são por efeitos externos e internos da máquina ou equipamento e são ocasionadas geralmente por vibrações e peças montada inadequadamente como o torque em um parafuso ou um aperto exagerado.

- **Vibrações Externas:** Rolamentos quando parados são submetidos a vibrações vindas de outros sistemas.

- **Defeitos de Fabricação:** Defeitos provenientes do processo de fabricação nas pistas, esferas ou gaiola do rolamento.

- **Fadiga:** Proveniente do rolamento de um elemento sobre outro após certo número de ciclos e funcionarem em condições difíceis, como sobrecarga, exigindo ainda mais dessas peças. Essas condições provocam degradações na superfície do elemento e na pista de rolagem.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse projeto visa facilitar o manuseio, lubrificação, trabalho e suas cargas de aplicação se adequando a manutenção preditiva fazendo o acompanhamento periódico das máquinas, baseando-se na análise de dados coletados por meio de monitoramentos ou inspeções em campo dos rolamentos de acordo com suas especificações em suas determinadas funções. Portanto com intuito de reduzir os gastos em manutenção, desgaste e problemas por falta de excessos de trabalho inadequado.

O estudo foi desenvolvido através de rolamentos rígidos de esferas fixas analisando sua manutenção e lubrificação de forma adequada que visa a redução de danos ou problemas que podem surgir no manuseio da peça. Por isso há necessidade de inspeções, considerando os fatores como temperatura de operação, vibrações, ruídos e o desgaste dos rolamentos, assim de acordo com as condições da pista de esfera. Importância da manutenção em máquinas, tipos de manutenção e manutenção em rolamentos.

Os rolamentos são peças de altíssima precisão e baixo atrito. No qual, é responsável pelo funcionamento adequado das máquinas que exercem movimentos rotativos e lineares entre duas partes ou mais, evitando os desgastes que poderiam ser friccionados. Por essa razão, precisam ser lubrificados corretamente para operar de maneira confiável, reduzindo o atrito, impedindo os danos e protegendo as superfícies dos rolamentos contra corrosão em suas determinadas cargas.



Referências

ANDRADE, Alan Sulato. Elementos orgânicos de máquinas ii at-102. Universidade Federal do Paraná Curso de Engenharia Industrial Madeireira. Paraná, 2015.

NEPOMUCENO, L. X. Técnicas De Manutenção Preditiva, São Paulo, Editora Edgard Blücher, Brasil, 1999, Cap. XI, Identificação da Origem das Vibrações Monitoração, pp.

RAFAEL, V.C.; KÁTIA, L.C. Análise dinâmica de rolamentos de esfera. Comissão de pós graduação em engenharia mecânica departamento de projetos mecânicos. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Universidade estadual de Campinas, São Paulo, 2010.

SELVINO, B. C.; WERBERT, M. G. Construção e adequação de uma bancada de ensaios para investigações de técnicas não destrutivas de detecção de falhas incipientes em rolamentos. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2012.



IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO PARA MÉDIAS E PEQUENAS EMPRESAS

Klayton Barbosa, Anderson Cunha Duarte, Sidney Leonardo Sousa, Deyvisson José Leitão, Mary Jouse Martins, Prof. Me. Eduardo Mendonça Pinheiro

Resumo: A manutenção quando bem programada e bem realizada, é algo que gera bons resultados para as empresas. Para ser realizado da melhor maneira, se faz necessário albergar-se plenamente os conceitos de manutenção preventiva, corretiva, preditiva e detectiva. Aprofundando os estudos sobre manutenção verificou-se que existem quatro modalidades fundamentais que compreendem a manutenção que por sua vez trata da intervenção necessária imediata para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente. A manutenção preventiva sendo realizada da maneira adequada é possível através desta que se passe a conhecer o equipamento e as suas condições de funcionamento, permitindo ainda a intervenção no processo de produção de forma planejada e programada, minimizando, ou mesmo anulando os prejuízos à produção; e a manutenção preditiva que compreende a realização de inspeções ou quaisquer outros tipos de avaliação programada no intuito de identificar uma condição em potencial de falha, objetivando-se dessa forma a sua antecipação através da verificação de parâmetros que indiquem a evolução neste sentido. Já a manutenção detectiva, após a detecção das falhas ocorre uma intervenção programada para corrigir esse problema. Com a gestão da manutenção instituída nas pequenas e médias empresas os resultados indubitavelmente serão mais satisfatórios, terão menos prejuízo, pois a interrupção programada é bem mais barata e mais segura.

Palavras-chave: Manutenção, Falha, Prevenção.

1. INTRODUÇÃO

Com a globalização dos mercados, as organizações sentem necessidade de crescer para poderem continuar no cenário atual. Esse processo tende a ser obrigatório para qualidade dos seus serviços/produtos, redução de custos, aumento da produtividade.

Planejar a manutenção é administrar de maneira correta os equipamentos ou instalações, impedindo que ocorra alguma parada não planejada. Organizações que seguem um paradigma moderno sentem-se confortáveis, pois consegue evitar todas as falhas não planejadas.

Portanto, a manutenção deve se configurar como agente proativo dentro da organização. Para isso, a gestão da empresa deve ser sustentada por uma visão de futuro e os processos gerenciais devem focar na satisfação plena do cliente, através da qualidade intrínseca de seus produtos ou serviços, tendo como banalização a qualidade total dos processos produtivos (KARDEC NASCIF, 2009).

De acordo com Kardec e Nascif (2009, P.11):

“a atividade de manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz: ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas, principalmente, é preciso manter a função do equipamento disponível para a operação, evitar as falhas e reduzir os riscos de uma parada de produção não planejada”.

Para Tavares (2005, p.20) os gestores da manutenção devem ter ampla visão e atuação sistêmica dentro de suas organizações, de tal forma que diversidade de modelos e fundamentações do planejamento e controle da manutenção plenamente consolidados, sejam úteis à maximização dos equipamentos, assim como os lucros das organizações.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um método de pesquisa bibliográfica, seguindo a norma de uma revisão de literatura, que tem como objetivo central conceder ao pesquisador todo material abordado sobre o tema escolhido, na qual proporciona diversos relatos sobre o mesmo (LAKATOS; MARCONI, 2007).

Desse modo, para realização da fundamentação teórica, serão feitas pesquisas em artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, revistas científicas, livros online, teses de mestrado, todo material que aborde o tema escolhido.

Portanto, para essa pesquisa serão escolhidos temas relacionados à Manutenção preventiva, temas que abordem sobre o Gerenciamento de um plano de manutenção preventiva para empresas de médio e pequeno porte, tais como: Gestão da manutenção preventiva; Plano de manutenção preventiva; Confiabilidade e disponibilidade; Redução de custos; Desempenho dos equipamentos; Vida útil dos equipamentos.

Por fim, que seja feita a compreensão de quão importante uma organização precisa de um gerenciamento nos setores de manutenção, na qual entende-se que produtividade estará



ligada ao equipamento funcionando em perfeito estado e, sem ocorrer paradas que não sejam planejadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A manutenção tem como finalidade evitar quebras dos equipamentos ou estalações, devido ao uso incorreto e o desgaste das peças ou equipamentos. Portanto, essas manifestações acabam afetando a qualidade do produto e a produtividade da máquina, e colocam em risco o futuro da organização. Isso mostra que toda empresa precisa de um gerenciamento para que ocorra a melhoria da produtividade, gerando ganhos potenciais (Xenos, 1998).

Quadro 1- Autor e título das obras

Ano	Autor	Título
2017	ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
2013	BARAN, Leandro; MARTINS, Francisco; TRAJAN, Flávio.	Classificação dos tipos de manutenção pelo método de análise multicritério
2013	COSTA, Mariana	Gestão da estratégia: Uma oportunidade para melhorar o resultado operacional
2009	MARQUES, Pedro	Planos de manutenção preventiva: Manutenção de equipamentos variáveis
2008	SOUZA, Alien; GOMES, Jonas; SILVA, Rodrigo.	Manutenção e lubrificação de equipamentos. Qualidade de mão de obra na manutenção
2009	KARDEC, A; NASCIF, J.	Manutenção: Função estratégica
1987	MONCHY, J.	A função manutenção
1996	MOUBRAY, J.	Introdução à manutenção centrada na confiabilidade
2008	SOUZA, J.	Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e função do planejamento e controle da produção (PCP): Uma abordagem analítica
1997	WYREBSKI, J.	Manutenção produtiva total- Um modelo adaptado
1998	XENOS, G.	Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.

Fonte: elaborado pelos autores, 2018

Portanto, para este artigo foram pesquisados 12 trabalhos, no qual o tema identifica a importância da manutenção nas organizações, isto torna-se verdade quando se analisa os títulos das publicações. Foram escolhidos trabalhos que tinham como destaque o tema manutenção publicados entre 1987 à 2017.

A manutenção esta relacionada com a melhoria crescente dos diversos tipos de equipamentos e máquinas para que possam funcionar ao máximo da sua vida útil, com o desempenho correto. A manutenção exige um bom monitoramento para a identificação dos problemas, na qual encontram - se soluções seguras e econômicas.

Portanto, planejar a manutenção é administrar de maneira correta os equipamentos ou instalações, impedido que ocorra falhas e paradas indesejadas. Organizações que seguem um paradigma moderno sentem-se confortáveis, pois conseguem evitar todas as falhas não

planejadas.

4. CONCLUSÃO

Empresas de médio e pequeno porte não tem um conhecimento de uma gestão da manutenção, pois a ideia de altos investimentos faz com que essas empresas acabam deixando de lado o plano de manutenção. Portanto, na maioria das vezes esperam ocorrer às falhas dos equipamentos, ou seja, acabam fazendo apenas a manutenção corretiva.

A função manutenção tem muitas técnicas essenciais para uma boa gestão, no qual traz diversas vantagens para as empresas. O tempo otimizado por meio desse acesso á informação aumenta a produtividade e disponibilidade dos equipamentos devido às paradas planejadas no tempo certo, juntamente com o controle das rotinas, análises dos indicadores.

Desse modo toda organização depende de uma gestão da manutenção para permanecer no mercado nos tempos de hoje, pois uma empresa que foca nos resultados, na vida útil dos seus equipamentos, tende a crescer. Portanto, a manutenção foca na disponibilidade e confiabilidade dos seus equipamentos.

Referência

ABRAMAN. Página eletrônica <http://www.abraman.org.br/>. Acesso em 07/11/2017

BARAN, Leandro Roberto; MARTINS, Rui Francisco; TRAJAN, Flávio. **Classificação dos tipos de manutenção pelo método de análise multicritério** electre tri. 357p. Simpósio Brasileiro de Pesquisa operacional. Natal. 2013.1

COSTA, Mariana Almeida. **Gestão da estratégia: Uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 103p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de produção. UFJF. 2013. Juiz de Fora.2013.1

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p

MARQUES, Pedro José. **Implementação de um sistema de manutenção preventiva**. 2009,62 p. Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Aveiro. 2009.1

MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

MOUBRAY, J. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1996.

PEREIRA, Pedro Miguel de Sá. **Planos de Manutenção Preventiva: Manutenção de Equipamentos Variáveis** na BA Vidro, SA. 2009. 89f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

SOUZA, Alien; GOMES, Jonas; SORBO, Rodrigo. **Manutenção e lubrificação de equipamentos. Qualidade de mão de obra na manutenção**. 9p. Engenharia mecânica. Bauru.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

WYREBSKI, Jerzy. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - UM MODELO ADAPTADO**. 1997. Dissertação (M. SC) - UFSC, Florianópolis, 1997. Disponível em. Acesso em: 20 de Out de 2018.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. 1. ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p



OTIMIZAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS ATRAVÉS DE GARAGEM MODULADA

Islanny Baldez Diniz, Jean Pablo da Silva Souza, Josiane Valadares Rego, Lucas Henrique Cabral, Ralena Negreiros Soares, Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

Resumo: Atualmente, nos grandes centros urbanos tem-se defrontados problemas com os sistemas de trânsito, dentre eles destacam-se os problemas com estacionamento de veículos. Este trabalho irá mostrar uma nova forma de permanência veicular em locais destinados a estacionamento, visto crescente demanda de automóveis e a restrição de espaço. Parte-se da elaboração de uma estrutura metálica que abriga carros em gôndolas, onde as mesmas são tracionadas em movimento giratório por um conjunto de correntes, catracas e motor elétrico, compondo um processo completamente automatizado. A análise consiste em resultados alcançados a partir de revisão bibliográfica em trabalhos acadêmicos realizados nos últimos 10 anos. Pode-se observar o ganho de espaço, quando é instalada a garagem modulada, destinado a estacionamento. Em um aspecto quantitativo, a projeção de vagas aumenta em até 60% de disponibilidade, considerando a quantidade de garagens modulas utilizada.

Palavras-chave: edifício garagem, estrutura metálica, garagem automatizada, inovação projetos, veículos

1. INTRODUÇÃO

As cidades veem sofrendo problemas com relação ao crescimento disparado no número de veículos nas ruas e por consequência, falta de espaços para acomodar o meio de locomoção também. Logo, sem os centros urbanos acompanharem esse crescimento da demanda de veículos, resulta nos mesmos sendo estacionados indevidamente, gerando congestionamentos no trânsito, carros sendo sujeitos a remoção, e multas aos motoristas. Portanto, a otimização de espaços em estacionamentos com a garagem modular é uma alternativa para solucionar essa problemática, na qual se dá a partir de uma estrutura metálica que é montada na posição vertical e possui módulos para posicionar os veículos.

Modulados a posição vertical, essa estrutura que acondiciona veículos faz parte de um modelo de edifício no estilo garagem em que o sistema de gerenciamento adotado dos veículos se dá inteiramente de maneira automatizada. É restrita a entrada de usuários no compartimento interno da estrutura, onde são posicionados os carros, pois o equipamento encarrega-se automaticamente de direcionar o veículo a sua vaga (PORTAL METÁLICA, 2011).

Conforme Rezende e Gouveia (2006), o desenvolvimento é feito em armação metálica, rejeita a aplicação de materiais voltados à construção civil, como lajes para cerâmica, vigas de concreto, bem como componentes de alvenaria. A inovação é intitulada de Sistema de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*).

Segundo Rezende (2004, p. 01), “a importância do estacionamento deve ser superestimada”. Esse tipo de estacionamento apresenta dimensões que visam acondicionar a maior parte dos modelos de automóveis comercializados hoje no Brasil, tornando-se aplicável em qualquer região.

O presente trabalho irá buscar em uma revisão bibliográfica atualizada, os benefícios deste tipo de estrutura como solução alternativa para a expansão dos estacionamentos nas grandes cidades. É preciso a busca de soluções criativas, que privilegiam o aumento da densidade de armazenamento de veículos em determinados locais da cidade e as aplicações de garagens moduladas atendem a essas necessidades, dispensando em sua construção o uso de pisos, lajes e materiais de alvenaria, o que torna o custo mais acessível (PORTAL METÁLICA, 2011).

2. MATERIAL E MÉTODOS

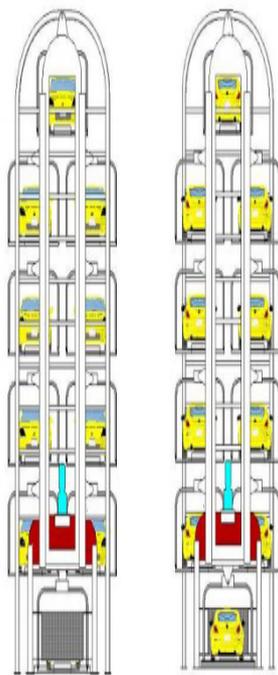
Para alcançar o objetivo deste trabalho utilizou-se como método científico a revisão de literatura, obtida através de ambientes virtuais acadêmicos, majoritariamente no Google acadêmico. Na visita ao site, utilizamos alguns filtros de pesquisa que possibilitou encontrar trabalhos acadêmicos direcionados ao tema escolhido. Adotamos a configuração de pesquisa no período de publicação de 2008 a 2019 e palavras chaves na barra de pesquisa como, por exemplo, estacionamento vertical, garagem inteligente, estacionamento automatizado, etc. O estudo propõe uma abordagem analítica e quantitativa, pois almeja adquirir conhecimento no campo de gestão e acondicionamento de veículos em espaços destinados a estacionamento.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

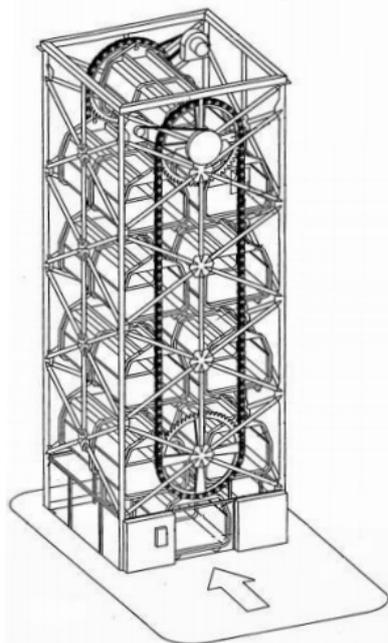
foi conceituado um mecanismo de estacionamento vertical, baseado em gôndolas prezas e tracionadas em movimento giratório horário por relação de correntes, catracas e motor elétrico, montados em uma estrutura metálica, onde toda a operação e condução dos veículos as suas respectivas vagas é automatizada. As Figuras 1 e 2 revelam a disposição da estrutura.

Figura 1 – Sistema de Garagem Modular



Fonte: Muñoz e Fernandez, 2016

Figura 2 – Sistema de Garagem Modular



Fonte: Muñoz e Fernandez (2016)

Através de um sistema automatizado, o veículo é posicionado manualmente a uma plataforma a qual eleva-se verticalmente e produz um movimento lateralmente em alguns tipos de módulos de garagem e estaciona o veículo onde existir vaga liberada. Dentro os modelos existentes para com solução de estacionamentos, destacam-se quatro tipos de garagem modular:

Garagem de Sistema de Modulo Lateral: Esse módulo é o mais simples e compacto do sistema de garagem modular, a qual pode comportar dois veículos por andar. Essa opção de módulo lateral permite ser aplicado em espaços limitados, como recuos de edifícios. Para transporte dos veículos até as vagas de destino esses módulos, em seus elevadores, detém das mesmas tecnologias usadas em elevadores convencionais, sendo que em sua plataforma deverá existir a forma de transporte horizontal do veículo chamada de “Dolly”, a qual permite retirar o veículo do local de transferência e coloca-se sobre a plataforma do elevador, afim de transferir o mesmo para um local não ocupado (PORTAL METALICA, 2011).

Garagem de Sistema de Modulo Duplo: Diferentemente do sistema de modulo lateral, nesse modulo é possível comportar quatro veículos por andar ou dois veículos de cada lado da estrutura. Esse tipo de sistema de modulo duplo é mais usual para complementos de estacionamentos de shoppings, faculdades, e entre outros. Para construção desse modulo necessita-se de um espaço de 4,50m x 15,00m, incluindo-se a área livre do centro, e entre os módulos de 4,50m x 5,00m a área é destinada ao equipamento elevador (PORTAL METALICA, 2011).

Garagem de Sistema de Modulo Circular 4: Para esse sistema tem-se uma particularidade de ser em forma radial, a qual proporciona quatros módulos por andar. Outra particularidade desse modulo é que o elevador não possui função de movimentação horizontal, somente movimentação vertical, para acomodação do veículo a vaga é permitido uma capacidade de rotação da plataforma a qual permite que o dispositivo de transferência dos veículos fique de forma adequada em relação a vaga a ser preenchida (PORTAL METALICA, 2011).

Garagem de Sistema de Modulo Circular 12: O sistema de modulo 12 é igual ao mencionado anteriormente no modulo circular 4, a diferença está na sua capacidade de armazenamento que por andar pode-se comportar ate doze veículos (PORTAL METALICA, 2011).

As garagens modulares são de fácil mobilidade e maior segurança o que geram menores espaços ocupados por veículos e garantindo maior número de vagas já que pode-se dobrar o número de carros estacionados. Assim como, estacionamentos são cobertos que oferece segurança aos veículos já que fica protegidos em áreas determinadas o que evita acidentes e possíveis assaltos (BELLEI, P. F. 2008).

Dentre as vantagens da instalação da garagem modular, podemos citar que esta é uma opção com baixo custo de manutenção e necessita de um prazo curto de obra. A montagem é rápida e não há necessidade de espaço para armazenar as peças. Além de que, oferece flexibilidade para aplicações. A utilização da garagem modular com vigas e pilares de aço podem ser montados, desmontados e remontados com facilidade e sem perda de material.

Podemos destacar também que o custo das garagens subterrâneas chega a ser 30% mais



caras em relação com as garagens modulares, isso incluindo custos de escavação, obras e contenção. Essas vantagens resultam em melhor desempenho do empreendimento e podem ser fator decisivo na opção pelo sistema metálico (BELIVAQUA, 2010).

4. CONCLUSÃO

Através de pesquisas bibliográficas realizadas pode-se comprovar a viabilidade desse sistema, já que o mesmo possui um baixo custo de implementação, ocupa pouco espaço, tem a possibilidade de acomodar mais veículos, possui uma maior mobilidade e segurança. Além desses benefícios, o modelo de estacionamento apresentado dispensa gasto com manobrista, com a construção de rampa, instalação de elevadores entre outros. Portanto, se torna uma alternativa bem prática para o problema dos estacionamentos nas cidades, já que o número de carros vem aumentando e as localidades não conseguem comportar o volume de uma forma eficaz.

Referências

BELLEI I, PINHO F, PINHO M. Edifícios de Múltiplos Andares em Aço. São Paulo: Pini, 2008.

BEVILAQUA, Rosane. EDIFÍCIOS - GARAGENS: ESTRUTURADOS EM AÇO. **Gerdau**, São Paulo, p.1-10, 14 nov. 2010. Disponível em: <<https://www.gerdau.com/br/pt/productsservices/products/Document%20Gallery/artigo-edificios-garagem.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2019.

PORTAL METALICA (São Paulo). **Estacionamentos Verticais**. 2011. Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/o-que-sao-e-como-funcionam-os-estacionamentos-verticais>>. Acesso em: 23 fev. 2019.

MUÑOZ, Laura Benito; FERNANDEZ, Cinthya Calleja. **PROJETO E PLANEJAMENTO DE EDIFÍCIO COM SISTEMA DE ESTACIONAMENTO ROBOTIZADO EM BOTAFOGO**. 2016. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

REZENDE, Ezequiel Mendonça; GOUVEIA, Antônio Maria Claret de. Sistemas de estacionamento vertical modulado em estrutura metálica. **Rem: Revista Escola de Minas**, [s.l.], v. 59, n. 3, p.279-284, set. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0370-44672006000300005>.

REZENDE, Ezequiel Mendonça. **SISTEMAS DE ESTACIONAMENTO VERTICAL MODULADO EM ESTRUTURA METÁLICA**. 2004. 214 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.



CAPÍTULO 12

INFLUÊNCIA DO DOMÍNIO DE UMA INCERTEZA EM RESULTADOS DE MEDIÇÕES COM PAQUÍMETRO

Igor Assilon Melo Gomes, Joaquim Cantanhede de Castro, Robert William Nogueira dos Santos, William Pereira Sarges, Mayara Flora Marinho Aires

Resumo: O presente artigo demonstra, de forma prática, a importância de se compreender o processo de medição, os erros relacionados a esse processo, assim como o tratamento das incertezas associadas ao resultado de medição. O procedimento utilizado consistiu em considerar a presença de uma fonte de incerteza dominante através da realização de várias medições diretas de diâmetro de corpo de prova cilíndrico reduzido, usando paquímetro universal. A variável do processo de medição considerada para analisar a influência no resultado da medida final foi o operador, uma vez que as medições foram divididas em três categorias caracterizadas pela quantidade de medições: 5, 10 e 15; sendo cada uma realizada por um operador. Para o caso de medição direta, mensurando invariável, mais de uma medição realizada e corrigindo o erro sistemático, os resultados de medição se aproximaram mais do valor verdadeiro do corpo de prova cilíndrico reduzido.

Palavras-chave: erro, incerteza, paquímetro, processo de medição.

1. INTRODUÇÃO

O processo de medição é utilizado, do ponto de vista técnico, para o monitoramento, o controle e/ou investigação de processos ou fenômenos físicos. Em relação ao sistema de controle, o mesmo objetiva manter grandezas ou processos dentro de limites predefinidos. Um exemplo prático de sistema de controle muito utilizado na indústria consiste no controle de qualidade, que constitui um conjunto de procedimentos e ações, através de medições e comparações com especificações técnicas. Um instrumento de medição largamente utilizado na indústria para o controle dimensional de peças é o paquímetro, principalmente, pelo seu baixo custo e a possibilidade de medição de dimensões externas, internas, profundidades e ressalto. Um ponto muito importante a ser considerado consiste em medir as grandezas envolvidas de forma confiável, o que representa um grande desafio para a metrologia, já que os erros de medição são inevitáveis (ALBERTAZZI, 2008).

Compreender a importância de se entender o erro de medição, o conceito de incerteza e suas relações com o resultado de medição final é fundamental em metrologia. Aplicações práticas utilizando um instrumento ou sistema de medição, auxiliam ainda mais a entender todo o processo, fazendo toda uma análise nas variáveis que fazem parte do mesmo como: a definição do mensurando, o procedimento de medição, as condições ambientais, o operador e o sistema de medição; pois, os mesmos podem influenciar, individualmente ou de forma combinada, o resultado de medição, ou seja, representar uma fonte de incerteza.

O presente artigo tem como objetivo analisar o domínio de uma fonte de incerteza na medição direta de diâmetro de um corpo de prova cilíndrico, considerando a variável de ação do operador em diversas medições: 5, 10 e 15; através do uso de um instrumento de medição, um paquímetro universal. A medida de referência para o estudo consistiu na medida do valor verdadeiro do diâmetro do corpo de prova cilíndrico, sendo o objetivo principal, verificar quais medidas se aproximaram mais do valor verdadeiro.

2. Material e Métodos

Para a realização das medidas foi utilizado um instrumento de medição: paquímetro universal INSIZE 0-150X0,02MM/0-6X0.001” e um corpo de prova cilíndrico reduzido de aço SAE 1020, ambos do laboratório de Metrologia e Simulações da Faculdade Pitágoras – São Luís, de acordo com a Figura 1.





Figura 1: Medições do diâmetro de um corpo de prova cilíndrico reduzido.

As medidas foram realizadas em três categorias, de acordo com a quantidade de medições: 5, 10 e 15; sendo que foram realizadas com três operadores distintos, ou seja, um operador para cada categoria, utilizando o paquímetro calibrado, com a finalidade de se garantir o domínio de uma fonte de incerteza, neste caso, a ação do operador. Para análise dos erros (sistemático e aleatório) e as estimativas da incerteza foram realizadas as três categorias de medições, conforme citado anteriormente, assim como, os cálculos descritos abaixo:

Erro Sistemático - estimado por meio do parâmetro denominado Tendência (Td)

$$Td = I_M - VV$$

sendo que, I_M = indicação média; VV = valor verdadeiro

Correção do Erro Sistemático (C)

$$C = -Td$$

Erro Aleatório - estimado pelos parâmetros Incerteza Padrão (u) e Repetitividade (Re)

$$u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - I_M)^2}{n - 1}}$$

$$Re = \pm(t \cdot u)$$

em que, t = coeficiente de Student para 95,45% de probabilidade e $v = n - 1$ graus de liberdade, sendo n o número de repetições de medições; I_i = indicação da i -ésima medição.

Para a análise das medições diretas com uma fonte de incerteza dominante e para a representação do resultado de medição, foram utilizados os seguintes casos abaixo, pois foram realizadas mais de uma medição e o corpo de prova cilíndrico reduzido consiste em um mensurando invariável, ou seja, seu valor permanecer constante durante todo o processo de medição.

Caso II - Mensurando invariável; mais de uma medição realizada ($n > 1$); corrigindo o erro sistemático:

$$RM = I_M - C \pm \frac{Re}{\sqrt{n}}$$

Caso III - Mensurando invariável; mais de uma medição realizada ($n > 1$); não corrigindo erro sistemático.

$$RM = I_M \pm E_{m\acute{a}x}$$

Sendo, $E_{m\acute{a}x}$ = erro máximo do sistema de medição ($E_{m\acute{a}x} = |C| + Re$) .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das medições, foram realizados os cálculos de erros sistemáticos, aleatórios e das estimativas de incerteza para a análise dos dados, conforme as Figuras 2 e 3 e a Tabela 1.

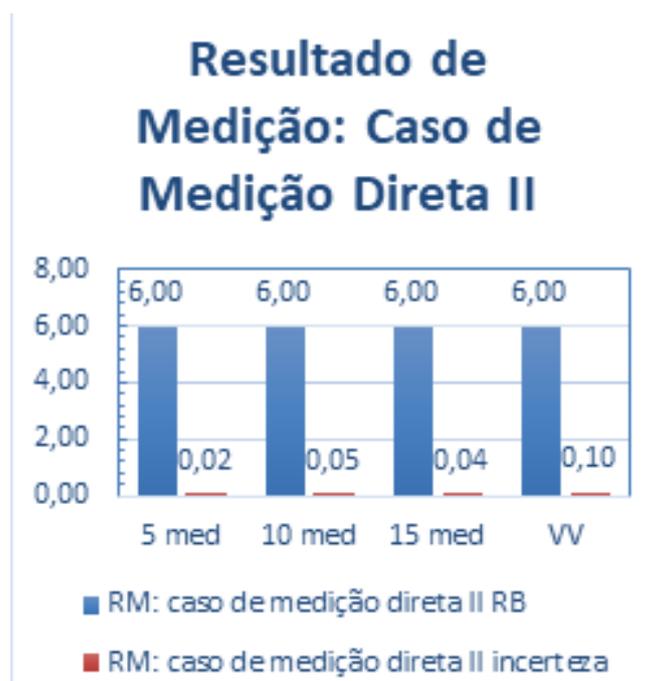


Figura 2: Resultado de medição para o caso II – mensurando invariável e correção do erro sistemático.

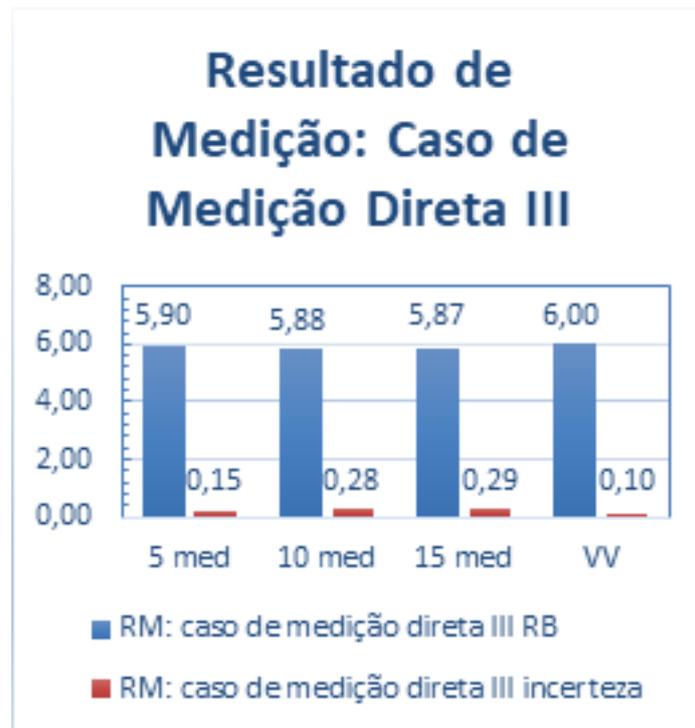


Figura 3: Resultado de medição para o caso III – mensurando invariável e sem correção do erro sistemático.

Tabela 1: Dados de resultado de medição para 5, 10 e 15 medições, conforme caso II e III.

5 Medições		10 medições		15 Medições	
RM: Caso II	RM: Caso III	RM: Caso II	RM: Caso III	RM: Caso II	RM: Caso III
RBincerteza	RBincerteza	RBincerteza	RBincerteza	RBincerteza	RBincerteza
6,000,02	5,900,15	6,000,05	5,880,28	6,000,04	5,870,29

De acordo com os dados, pode-se observar que para o caso II de medição direta, em que o mensurando é invariável, mais de uma medição realizada e corrigindo o erro sistemático, os resultados de medição se aproximam mais do valor verdadeiro do corpo de prova cilíndrico reduzido (6,000,10) mm. Apesar de o erro aleatório não poder ser corrigido ou compensado, pode ser minimizado conforme aumenta-se o número de medições repetidas do mensurando.

Os erros sistemáticos são aqueles que permanecem constantes em grandeza e sinal ou variam, de acordo com uma lei definida, quando um número considerável de medições de um mesmo mensurando é efetuado sob as mesmas condições. Os erros aleatórios são resultados de influências externas e internas, não controladas, que provocam o surgimento de erros não repetitivos. Já a incerteza de medição pode ser definida como sendo o parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos à grandeza. A incerteza significa dúvida, a dúvida da validade do resultado de uma medição chama-se incerteza de medição. Na incerteza de medição estão contidos os efeitos de todos os fatores que influenciam o resultado da medição (ARENCIBIA,

2009; LIRA, 2013).

Diferentes fontes de incerteza geram erros de diversas naturezas, como pode ocorrer falha na leitura pelo operador, neste caso erro aleatório; pode haver também imperfeições geométricas nos sistemas de medição ou mesmo o uso de um dispositivo não calibrado; uma medição realizada sob elevada temperatura causando uma dilatação em uma peça e/ou do instrumento, nestes dois últimos casos erro sistemático; entre outros casos.

4. CONCLUSÃO

Para avaliar melhor estes erros uma análise mais detalhada deve ser realizada, uma vez que, pelos resultados obtidos, ficou mais claro uma análise de aproximação do valor verdadeiro pelo resultado final de medição. Essa análise pode ser realizada verificando os erros e resultados de medições para uma faixa maior de números de medições, para se observar o comportamento do erro aleatório, que corresponde à variável de medição em estudo, no caso, o operador.

Referências

ALBERTAZZI, A. G. J.; SOUSA, A. R. Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. São Paulo: Editora Manole, 2008.

ARENCIBIA, R. V.; RIBEIRO, J. R. S. Incerteza na medição da largura de cordões de solda. Soldagem e Inspeção, São Paulo, vol. 14, n.3, p. 263–269, 2009.

LIRA, F. A. Metrologia na indústria. 9. ed. São Paulo: Érica, 2013.



RESOLUÇÃO DE PAQUÍMETROS COMO FONTE DE INCERTEZA EM PROCESSOS DE MEDIÇÃO

Igor Assilon Melo Gomes, Joaquim Cantanhede de Castro, Robert William Nogueira dos Santos, William Pereira Sarges, Mayara Flora Marinho Aires

Resumo: O presente artigo demonstra, de forma prática, como a resolução de paquímetros pode constituir uma fonte de incerteza significativa em processos de medição. O procedimento adotado consistiu em realizar várias medições diretas de diâmetro de corpo de prova cilíndrico reduzido utilizando paquímetros com dois tipos de resoluções diferentes. A variável do processo de medição considerada para analisar a influência no resultado da medida final foi o procedimento de medição, sendo que as medições foram divididas em duas etapas, caracterizadas pela resolução de cada paquímetro: 0,02 mm e 0,05 mm. A resolução que apresentou uma menor incerteza no resultado de medição foi a de 0,05 mm.

Palavras-chave: incerteza, paquímetro, procedimento de medição, resolução.

1. INTRODUÇÃO

O paquímetro é um instrumento de medição muito utilizado na indústria para o controle dimensional de peças, sendo que o mesmo é comumente empregado na obtenção de medidas externas, internas, de profundidade e de ressalto. Neste contexto, é fundamental considerar as medições das grandezas envolvidas de forma confiável, o que representa um grande desafio para a metrologia, já que os erros de medição são inevitáveis (ALBERTAZZI, 2008; LIRA, 2013).

As variáveis que fazem parte do processo de medição são definidas como: definição do mensurando, procedimento de medição, condições ambientais, operador e sistema de medição; Entender a dinâmica dessas variáveis na prática é de grande importância na representação de um resultado de medição, pois as variáveis podem influenciar, individualmente ou de forma combinada, o resultado, ou seja, representar uma fonte de incerteza. Segundo Arencibia (2009), a utilização de paquímetros com melhor resolução permite diminuir a incerteza de medição, pois na maioria dos processos de medição com paquímetros, a resolução do mesmo constitui uma fonte de incerteza significativa.

O presente artigo tem como objetivo analisar a influência da resolução de um paquímetro universal como fonte de incerteza na medição direta de diâmetro de um corpo de prova cilíndrico reduzido, considerando a variável de procedimento de medição em duas resoluções: 0,02 mm e 0,05 mm; através do uso de um instrumento de medição, um paquímetro universal. A medida de referência para o estudo consistiu na medida do valor verdadeiro do diâmetro do corpo de prova cilíndrico reduzido, sendo o objetivo principal, verificar qual resolução apresentou menor incerteza.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização das medidas foi utilizado um instrumento de medição: paquímetro universal INSIZE 0-150X0,02mm, paquímetro universal DIGIMESS 0-150X0,05mm e um corpo de prova cilíndrico reduzido de aço SAE 1020, todos do laboratório de Metrologia e Simulações da Faculdade Pitágoras – São Luís, de acordo com a Figura 1.





Figura 1: Paquímetros e corpo de prova cilíndrico reduzido.

As medidas foram realizadas em duas etapas, de acordo com a resolução de cada paquímetro: 0,02 mm e 0,05 mm; sendo que foram realizadas com o mesmo operador, utilizando os paquímetros calibrados, com a finalidade de se garantir o domínio de uma fonte de incerteza, neste caso, o procedimento de medição. Para análise dos erros (sistemático e aleatório) e as estimativas da incerteza foram realizadas as duas etapas de medições, conforme citado anteriormente, assim como, os cálculos descritos abaixo:

Erro Sistemático - estimado por meio do parâmetro denominado Tendência (Td)

$$Td = I_M - VV$$

sendo que, I_M = indicação média; VV = valor verdadeiro

Correção do Erro Sistemático (C)

$$C = -Td$$

Erro Aleatório - estimado pelos parâmetros Incerteza Padrão (u) e Repetitividade (Re)

$$u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - I_M)^2}{n - 1}}$$

$$Re = \pm(t \cdot u)$$

em que, t = coeficiente de Student para 95,45% de probabilidade e $v = n - 1$ graus de

liberdade, sendo n o número de repetições de medições; l_i = indicação da i -ésima medição.

Para a análise das medições diretas com uma fonte de incerteza dominante e para a representação do resultado de medição, foram utilizados os seguintes casos abaixo, pois foram realizadas mais de uma medição e o corpo de prova cilíndrico reduzido consiste em um mensurando invariável, ou seja, seu valor permanecer constante durante todo o processo de medição.

Caso II - Mensurando invariável; mais de uma medição realizada ($n > 1$); corrigindo o erro sistemático:

$$RM = I_M - C \pm \frac{Re}{\sqrt{n}}$$

Caso III - Mensurando invariável; mais de uma medição realizada ($n > 1$); não corrigindo erro sistemático.

$$RM = I_M \pm E_{m\acute{a}x}$$

Sendo, $E_{m\acute{a}x}$ = erro máximo do sistema de medição ($E_{m\acute{a}x} = |C| + Re$) .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das medições, foram realizados os cálculos de erros sistemáticos, aleatórios e das estimativas de incerteza para a análise dos dados, conforme as Figuras 2 e 3 e a Tabela 1.

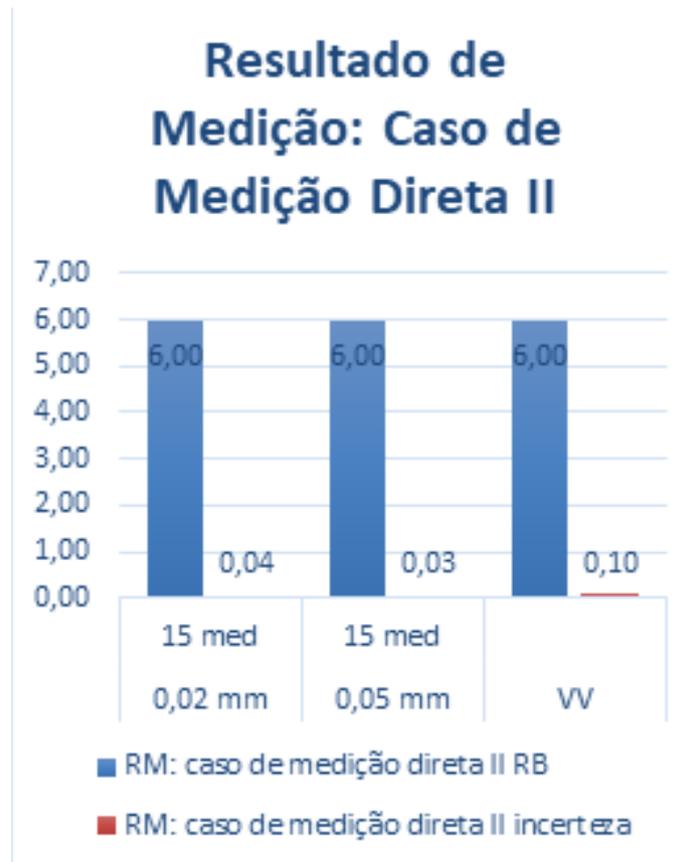


Figura 2: Resultado de medição para o caso II – mensurando invariável e correção do erro sistemático.

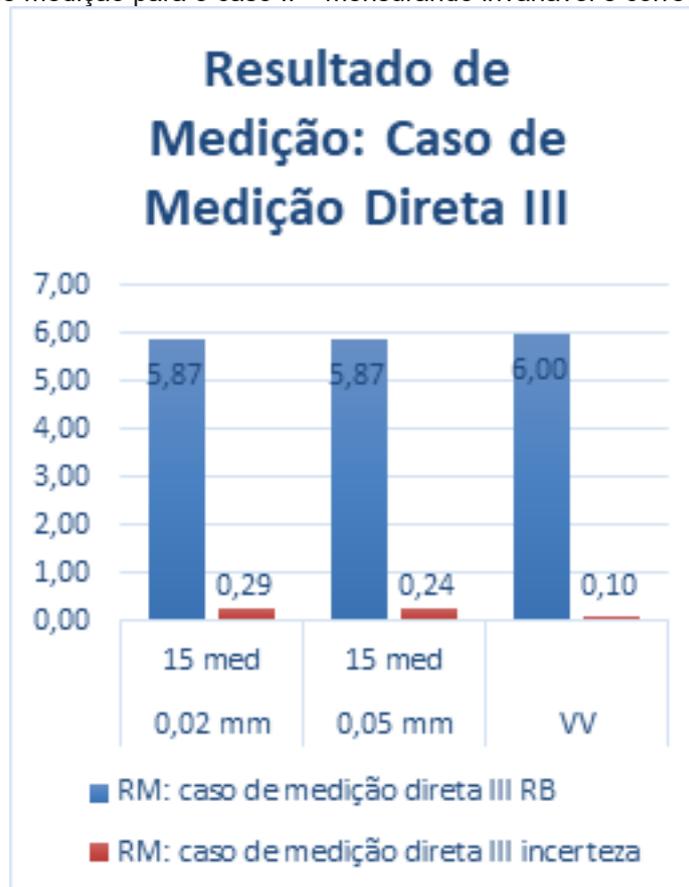


Figura 3: Resultado de medição para o caso III – mensurando invariável e sem correção do erro sistemático.

Tabela 1: Dados de resultado de medição para resoluções de 0,02 mm e 0,05 mm, conforme caso II e III.

Resolução	Medidas	RM: caso de medição direta II		RM: caso de medição direta III	
		RB	incerteza	RB	incerteza
0,02 mm	15 med	6,00	0,04	5,87	0,29
0,05 mm	15 med	6,00	0,03	5,87	0,24
	VV	6,00	0,10	6,00	0,10

De acordo com os dados, pode-se observar que para a resolução de 0,05 mm e tanto para o caso II de medição direta, em que o mensurando é invariável, mais de uma medição realizada e corrigindo o erro sistemático, tanto para o caso III de medição direta, em que o mensurando é invariável, mais de uma medição realizada e não corrigindo o erro sistemático os resultados de medição apresentaram uma incerteza menor. Sendo a resolução de 0,05 mm, apresentada como a melhor resolução.

A incerteza de medição pode ser definida como sendo o parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos à grandeza. A incerteza significa dúvida, a dúvida da validade do resultado de uma medição chama-se incerteza de medição. Na incerteza de medição estão contidos os efeitos de todos os fatores que influenciam o resultado da medição (ARENCIBIA, 2009; LIRA, 2013).

Diferentes fontes de incerteza geram erros de diversas naturezas, como pode ocorrer falha na leitura pelo operador, neste caso erro aleatório; pode haver também imperfeições geométricas nos sistemas de medição ou mesmo o uso de um dispositivo não calibrado; uma medição realizada sob elevada temperatura causando uma dilatação em uma peça e/ou do instrumento, nestes dois últimos casos erro sistemático; entre outros casos.

4. CONCLUSÃO

Para avaliar melhor a escolha de uma melhor resolução de um instrumento de medição uma análise mais detalhada deve ser realizada. Essa análise pode ser realizada verificando outros tipos de resoluções, fazendo uma comparação também entre diferentes tipos de instrumentos ou tipos de medições digitais e analógicas, e utilizando também uma faixa maior de números de medições, para se observar o comportamento do procedimento de medição, que corresponde à variável de medição em estudo.

Referências

- ALBERTAZZI, A. G. J.; SOUSA, A. R. Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. São Paulo: Editora Manole, 2008.
- ARENCIBIA, R. V.; RIBEIRO, J. R. S. Incerteza na medição da largura de cordões de solda. Soldagem e Inspeção, São Paulo, vol. 14, n.3, p. 263–269, 2009.
- LIRA, F. A. Metrologia na indústria. 9. ed. São Paulo: Érica, 2013.

CAPÍTULO 14

PROCESSO DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO

Luís Fernando Amorim da Silva, Nilbert Santos Paurá, Raimundo Nonato Silva de Sousa, Rodrigo Soares do Lago, Eduardo Mendonça Pinheiro

Resumo: A água é um dos recursos naturais mais valiosos da Terra, sem o qual seria impossível a manutenção da vida, contudo sua escassez tem começado a ser realidade em vários pontos do planeta, sendo indispensável repensar suas formas de uso e reuso. O reaproveitamento da água gerada pelo funcionamento de sistemas de ar condicionados tem sido uma das formas viáveis de realizar esse reaproveitamento. O objetivo desse artigo foi demonstrar projetos propostos e implementados por pesquisadores nacionais, visando viabilizar um melhor aproveitamento desse recurso. Foi utilizado o método bibliográfico para realização desta pesquisa, reunindo projetos implementados em ambientes diversos. Observou-se que todas as propostas foram bem-sucedidas em seu objetivo de reuso da água proveniente de aparelhos de ar condicionado, tendo a maioria baixo custo e retorno do investimento financeiro a curto, médio e longo prazo, segundo a complexidade do sistema apresentado.

Palavras chave: Água, ar condicionado, Reuso.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial, a urbanização, novos modos de produção e consumo estão gerando volumes crescentes de efluentes, um verdadeiro desafio não só para a saúde da população, mas também para o meio ambiente. A escassez de água potável no planeta está gradativamente chegando a um estado alarmante, situações geradas por diversos fatores, como a agricultura, pecuária, indústrias e entre outros, mas um fator que se merece destaque é o desperdício de água, onde apenas a atitude humana poderá reverter essa situação (REBOUÇAS, 2007).

Conforme dados apresentados pela Associação Sul Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Ventilação (ASBRAV), a busca pela climatização de ambientes internos tem aumentado, mesmo com o cenário de retração econômica, as vendas deste tipo de equipamentos continuam apresentando há sete anos. A venda de ar condicionado do tipo *split* representa 74% das vendas do setor (ASBRAV, 2014).

Considerando que estes equipamentos, quando utilizados para resfriar os ambientes, geram volumes consideráveis de água proveniente da condensação do vapor do ar, fica evidente a necessidade de dar atenção à possibilidade de reaproveitamento desta água (TUNDISI, 2005).

À medida que a escassez de água se torna mais difundida, o condensado do ar condicionado está ganhando maior atenção para aplicações criativas não potáveis e potáveis. Se o perigo potencial de bactérias de aerossóis é abordado, o projeto de um sistema de coleta de condensado de ar condicionado pode utilizar esta fonte de água como um suplemento viável (TUNDISI, 2005).

O objetivo deste trabalho é apresentar algumas soluções de reaproveitamento de água resultante da condensação de aparelhos de ar condicionado que foram apresentados por estudiosos e pesquisadores nacionais. Foram selecionados em bancos de dados virtuais, como repositórios de instituições de Ensino Superior, trabalhos produzidos a partir de 2006, utilizando o método bibliográfico para produzir o texto deste artigo.

2. METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa de caráter qualitativo baseado na observação do ambiente de estudo onde se realiza a pesquisa, afim de descrever as características para se obter informações que levam a compreensão do estudo em questão. A pesquisa é de cunho bibliográfico estabelecendo a coerência de literaturas já desenvolvidas, dentre as quais estão presentes neste trabalho.

Os métodos utilizados estão ligados a necessidade comum da população na busca de soluções capazes de ajudar a amenizar, conscientizar e combater o desperdício. Foi-se a busca de fontes seguras, literaturas e autores importantes para assegurar confiabilidade e a responsabilidade que é tratar de um tema tão importante como o reaproveitamento de água para usos em atividades diárias, afim de encontrar e mostrar alternativas para a aplicação



desta ideia. Destacou no referencial teórico autores que contribuíram para o desenvolvimento deste desta pesquisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Reaproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado

Jacobi e Grandisoli (2017) afirmam que aproveitar as fontes alternativas de água pode fornecer esse insumo indispensável para a vida para uma variedade de usos e reduzir o uso de água doce. Uma dessas fontes é a água cinzenta, que é um efluente doméstico de máquinas de lavar, pias e banheiras. Uma das fontes mais fáceis de acesso a água cinzenta doméstica é o condensado de um ar-condicionado.

No verão, um aparelho de ar condicionado produz cerca de 1 litro de água a cada 1 a 2 horas. Quando um condicionador de ar está funcionando, a produção de condensação é um fenômeno normal. Não é um problema de vazamento, mas um sinal do bom funcionamento do dispositivo. Uma bandeja também faz parte do equipamento para acomodar esse fluxo de água condensada, que é então esvaziada pela abertura do tubo de evacuação no exterior de um ou mais alojamentos da unidade conjunta (MARQUES, 2017; CARVALHO; GOUVEIA; ACCARDO, 2018).

Conforme Silva (2017), em se tratando de sistemas centrais de ar condicionado, estes retiram o ar úmido e quente de um recinto e o converte em ar frio que é insuflado de volta para o recinto. Durante o processo, o ar em ambas as temperaturas se encontram nas bobinas do sistema, geram vapor de água que se liquidifica no processo de conversão. Por sua vez, este fluído tem de ser drenado das bobinas para impedir agravos às partes mecânicas do sistema ou para impedir avarias determinadas pela água aos componentes do aparelho de ar condicionado, segundo esquematizado na Figura 1. A quantidade de condensado originada nesse processo pode variar de 5 a 20 galões por dia em uma residência a milhões por ano para grandes estruturas, como hospitais, construções comerciais e industriais, edifícios residenciais e empresariais, dentre outros.

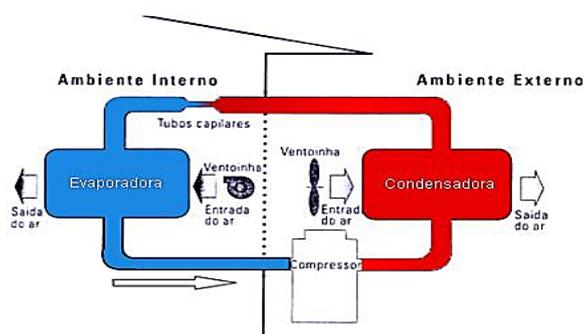


Figura 1. Funcionamento dos aparelhos de ar condicionado
Fonte: (SILVA, 2017)

O produto da condensação do ar ambiente é uma água originária da condensação da umidade contida no ar. Não contém minerais, mas pode conter bactérias e germes oriundos do ar condicionado ou do ar ambiente, portanto, não é potável. No entanto, isso não significa

que seja inutilizável e, para evitar o desperdício, essa água pode ser usada para fins não relacionados a ingestão (PEGORETTI et al., 2016).

A água do ar condicionado pode conter contaminantes, além disso, enquanto a maioria das águas residuais é alcalina, o condensado do ar condicionado é neutro, por isso não deve ser usada para aplicações onde o equilíbrio do pH da água é vital, como aquários, assim como não é segura para consumo sem filtragem e tratamento especiais (TUNDISI, 2005).

Mas essa água pode ser facilmente capturada em um balde ou barril ou redirecionada para um jardim próximo. Os sistemas de captura de condensado podem ajudar a coletar e redistribuir a água onde ela é necessária. Durante os meses mais quentes do verão, quando o ar condicionado está funcionando e gerando a maior parte da condensação, as taxas de consumo de água assim como valor pago por esse consumo normalmente aumentam e as restrições de uso da água são implementadas (JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

A água da condensação do ar condicionado pode ser usada para regar plantas internas e externas, já que é retirada do ar externo e, portanto, não contém cloro ou outros aditivos que possam estar presentes na água potável vinda do abastecimento público. A água pode ser usada para encher um regador, redirecionada para um sistema de coleta de água da chuva ou drenada diretamente para um jardim próximo para irrigar diretamente as plantas ao ar livre, fornecendo água muito necessária para dias em que não há abastecimento que impediria a rega, e sua utilização no lugar da água potável pode reduzir os custos da água doméstica (BASTOS; CALMON, 2015).

Pegoretti et al. (2016) realizaram o cálculo do desperdício mensal de água proveniente de 10 aparelhos de ar condicionado de uma instituição educacional e pesquisa federal do estado de Tocantins e verificaram que cada aparelho produz cerca de 36 litros por dia, os quais eram gotejados no pátio da instituição, produzindo áreas molhas e sujeitas a ocasionarem acidentes. Propuseram então um sistema simples de captação, com uso de instalação de tubos de PVC diretamente nos drenos dos aparelhos para coletar a água condensada e armazená-la em uma caixa d'água de PVC com capacidade de 500 litros, conforme esquema ilustrado na Figura 2.

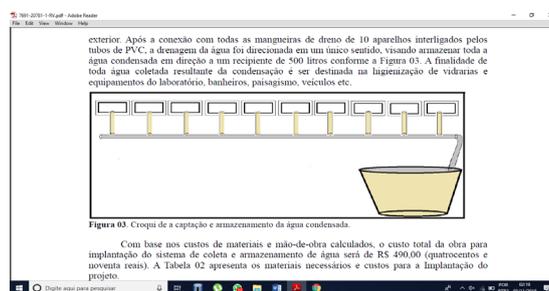


Figura 2. Croqui de a captação e armazenamento da água condensada proposto por Pegoretti et al. (2016)

Foi calculado que o reaproveitamento semanal de 322,5 litros de água semanal e 1.419 litros mensais pode ser aplicado para a limpeza do piso e do pátio da empresa, trazendo economia do consumo da rede de distribuição pública, porém, os resultados das medições também demonstraram que esses volumes podem variar, sofrendo influência de fatores como temperatura externa do ambiente que causa maior evaporação da água armazenada, assim

como da própria umidade do ar, que pode reduzir o volume produzido pelos equipamentos. Uma vez que foi observado que não seria necessário utilizar uma bomba para direcionar a água armazenada, foi proposto um protótipo simples de reservatório coberto, visando reduzir a evaporação da água captada (CUNHA; KLUSENER FILHO; SCHRÖDER, 2016), conforme ilustrado na Figura 3.

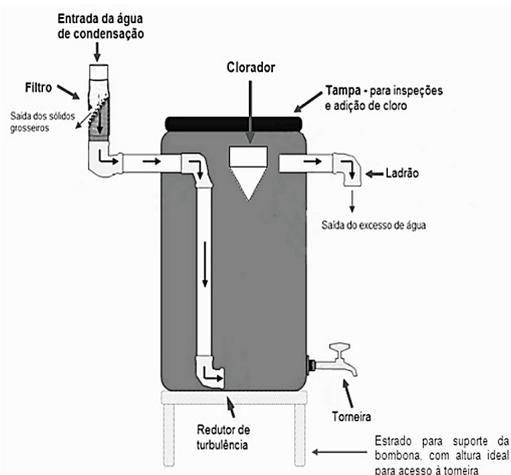


Figura 3. Protótipo de reservatório para armazenamento da água proposto

Marques (2017) analisou a viabilidade de utilização de condensado de ar condicionado para reuso em um laboratório experimental de uma instituição de ensino no Estado de Goiás. Foi utilizado como produtor de condensado o aparelho do próprio laboratório, com uma vazão de 90 litros semanais, sendo construído um protótipo semelhante a filtros domésticos com uso de velas cerâmicas microporosas convencionais com barriletes modificados que foram alocados em um sobre o outro para criação do sistema de filtragem, sendo o barrilete superior utilizado com reservatório primário, onde foi instalado o sistema de filtros e o barrilete inferior como receptáculo da água condensada filtrada, conforme Figura 4.

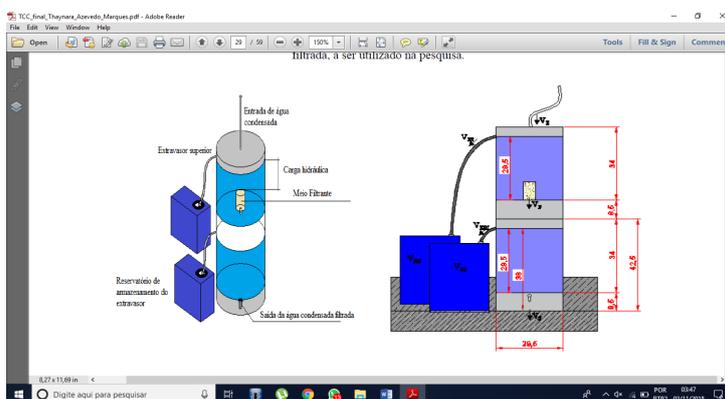


Figura 4. Protótipo para filtração da água condensada de Marques (2017)

4. CONCLUSÃO

Diante das diversas propostas de reuso da água condensada de aparelhos de ar condicionado, foi observado que todos os projetos se mostraram viáveis, com retorno financeiro do investimento variando de 14 meses até mais de 8 anos.

Observou-se que a maioria dos projetos partiram de pesquisadores de instituições de educação de nível superior e todos apontaram benefícios ao meio ambiente e projetos foi de

baixo custo.

Referências

- ASBRAV. Associação Sul Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Ventilação. **Setor de HVAC-R fecha 2014 com mais de US\$16 bilhões em vendas de ar-condicionado**. ASBRAV, 2014. Disponível em:< <http://www.webarcondicionado.com.br/setor-de-hvac-r-espera-fechar-2014-com-mais-de-us16-bilhoes-em-vendas-de-ar-condicionado/>>. Acesso em 28 out. 2018.
- BASTOS, C.; CALMON, J. Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso. **Revista Habitat Sustentable**. 2015. Vol. 3, N°. 2, p. 66-746.
- CALDAS, J.; CAMBOIM, W. L. L. Aproveitamento da água dos aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis: avaliação da viabilidade de implantação em um bloco do Uipê. **INTERSCIENTIA**. vol. 5 , n 1, 2017.
- CARVALHO, C. O. C.; GOUVEIA, D. M.; ACCARDO, E. Reaproveitamento da água condensada de aparelhos de ar-condicionado para uso em laboratórios de química. **Dignidade Re-Vista**, v.3, n.5, julho 2018.
- CUNHA, K. T., KLUSENER FILHO, L. C., SCHRÖDER, N. T. Reaproveitamento da água de condensação de equipamentos de ar condicionado. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA** 14, 2016. Disponível em:< <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/ic/article/view/2041>>. Acesso em 28 out. 2018.
- FERREIRA, E. P.; TOSE, M. Uso sustentável da água produzida por aparelhos de ar condicionado – um estudo de caso. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 8, No. 3, Dez/2016. Disponível em:< <http://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/viewFile/11407/209209209374>>. Acesso em 28 out. 2018.
- FORTES, P. D., JARDIM, P. C. F.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: **Anais do XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. XII SEGeT**. Porto Alegre/RS, 2015. Porto Alegre/RS: 28 a 30 de outubro de 2015.
- JACOBI, P. R., GRANDISOLI, E. Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e soluções. São Paulo: IEE-USP e Reconnecta, 2017.
- MARQUES, T. A. **Tratamento de água gerada em ar condicionado em filtros cerâmicos do tipo gravidade para uso em laboratório**. 2017. 98 f. Monografia (Graduação - Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2017. Disponível em:< https://www.eec.ufg.br/up/140/o/TCC_final_Thaynara_Azevedo_Marques.pdf>. Acesso em 28 out. 2018.
- MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M. de.; INADA, P. Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR. **Anais Eletrônico VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**. CESUMAR – Centro Universitário de Maringá Editora CESUMAR. Maringá – Paraná, 2011. Disponível em:<http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/thatiane_drigu>. Acesso em 28 out. 2018.
- PEGORETTI, H. M. et al. Reaproveitamento e caracterização físico química do condensado dos aparelhos de climatização do IFTO Campus Paraíso do Tocantins. In: **VII Jornada de Iniciação Científica do Instituto Federal do Tocantins**. Paraíso do Tocantins, 2016. Disponível em:< <http://prop.ipto.edu.br/ocs/index.php/jice/7jice/paper/viewFile/7691/3572>>. Acesso em 28 out. 2018.
- REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editoras Ltda, 2007.
- SILVA, A. R. da. **Sustentabilidade ambiental aplicada a partir do reuso de água de aparelhos de ar condicionado segundo a lei nº. 10.446 de 03/10/2016**. 2017. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Tecnologia em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Cuiabá – Bela Vista. Cuiabá, 2017. Disponível em:< http://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/8b/9f/8b9fbd3b-819a-41ec-a5dd-33e151d2f4ad/alaine_rodrigues_da_silva.pdf>. Acesso em 28 out. 2018.
- TUNDISI. J. G. **Água no século XXI**. Enfrentando a Escassez. São Carlos – SP: Rima, 2005.



CAPÍTULO 15

ESTUDO TEÓRICO DA MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

**Sidiane Santos Campos, Johnny Alves Ferreira, Alam Costa Maranhão,
Eduardo Mendonça Pinheiro**

RESUMO: A manutenção é um processo que gera lucratividade para a empresa, pois evita que ocorram paradas no processo produtivo, pondo em risco a entrega de materiais no tempo desejado e com a qualidade que garanta o melhor desempenho da máquina e equipamentos até a primeira guerra mundial a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo próprio funcionário que operava os equipamentos. Com a guerra, aumentou a demanda por equipamentos bélicos e a implantação da produção em série e as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção, com a demanda sentiram a necessidade de criar equipes de reparos que pudessem realizar reparos e manutenção no menor tempo possível. O objetivo geral desse trabalho foi estudar quais estratégias de manutenção que podem evitar o minimizar o desgaste e garantir o desempenho otimizado de máquinas e equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção. Processo produtivo. Desempenho.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção é um processo que gera lucratividade para a empresa, pois evita que ocorram paradas no processo produtivo, pondo em risco a entrega de materiais no tempo desejado e com a qualidade que garanta o melhor desempenho da máquina e equipamentos. O conceito de manutenção mudou ao longo dos anos, o que antes era visto como encomodo, pois acreditava-se que interrompia a produção, agora é visto como uma ferramenta útil para garantir o desempenho e prolongamento da vida útil da máquina. A manutenção é uma matéria fundamental para alcançarmos a qualidade, fazendo com que as empresas para estar competitivas no mercado elevem seu grau de profissionalização da manutenção das suas máquinas e equipamentos.

Segundo Souza (2009), até a primeira guerra mundial a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo próprio funcionário que operava os equipamentos. Com a guerra, aumentou a demanda por equipamentos bélicos e a implantação da produção em série e as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção, com a demanda sentiram a necessidade de criar equipes de reparos que pudessem realizar reparos e manutenção no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado a operação cujo objetivo era corrigir as falhas. Até nos anos 1914 a manutenção não era tida como uma estratégia necessária e fundamental, ou seja, era relegado a segundo plano, pois as indústrias da época não era lotadas todas com equipamentos especializados para execução desse serviço (NASCIF, 2001).

Com todo esse avanço da manutenção ao longo dos anos, as empresas ainda encontram dificuldades em estabilizar ferramentas que venham ajudar na produção. Com base nas evidências chega-se ao seguinte questionamento: como estabilizar estratégias de manutenção?

Diante do que foi abordado no trabalho tem-se como objetivo geral estudar quais estratégias de manutenção que podem evitar o minimizar desgastes e garantir o desempenho otimizado de máquinas e equipamentos.

2. METODOLOGIA

2.1 Natureza da pesquisa

A natureza da pesquisa pode ser vista sobre dois pontos de vista: a básica ou a aplicada. A pesquisa básica é a que tem por meta o conhecimento pelo conhecimento, ou seja, o estudo dos conceitos sem uma aplicação prática onde apenas busca desenvolver conhecimento. A pesquisa aplicada produz conhecimentos para aplicação prática na solução de um problema real específico envolvendo interesses de uma região. Com isso, o presente trabalho tem como natureza a pesquisa básica, pois busca entender e descrever o problema com intuito de gerar conhecimento sem ações que mudem a realidade da mesma a princípio (TURRIONE; MELLO, 2012).

2.2 Características da pesquisa quanto aos objetivos



Para Gil (2002), as pesquisas podem ser classificadas com base nos seus objetivos gerais em três categorias: exploratórias, descritivas e explicativas. As pesquisas exploratórias visam familiarizar-se com o problema de maneira à criação de hipóteses ou a melhor explicitar o problema. As pesquisas descritivas caracterizam uma população ou fenômeno ou estabelece uma relação entre as variáveis. As pesquisas explicativas têm como foco principal a identificação dos fatores determinantes que influem na ocorrência do fenômeno em estudo de modo a aprofundá-lo.

Nesse contexto, este trabalho se caracteriza como exploratório, pois o estudo é uma revisão de literatura sobre o tema explorado.

2.3 Pesquisa quanto à abordagem do problema

A forma da pesquisa quanto à abordagem do problema pode ser quantitativa ou qualitativa. A pesquisa quantitativa consiste em traduzir números em informações requerendo uso de recursos e técnicas estatísticas para a análise e classificação. A pesquisa qualitativa considera um vínculo entre o mundo objetivo e a subjetividade que não pode ser interpretado em números, não requerendo, desse modo, o uso de técnicas estatísticas. Os pesquisadores analisam os dados indutivamente através da interpretação dos fenômenos (SILVA, 2005).

Dentro do contexto, esta pesquisa se adequa na categoria qualitativa, pois o pesquisador estuda a literatura e suas questões de maneira subjetiva e sem uso de métodos estatísticos para quantificar informações e sem manipulação intencional. Mantendo seu contato direto sendo sua interpretação e análise indutivas.

2.4 Procedimentos técnicos

O procedimento técnico utilizado foi o tipo estudo bibliográfico, pois, segundo Turrioni e Mello (2012), envolve o estudo profundo para se obter um amplo e detalhado conhecimento através de análise e interpretação de dados cientificamente comprovados para a compreensão da sua realidade com profundidade e abrangência.

3. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

3.1 Conceito de manutenção

A mecanização e automação das indústrias criaram um cenário onde as máquinas se tornaram um dos principais recursos produtivos. Porém, a gestão da manutenção dessas máquinas, muitas vezes é tratada apenas com ações corretivas o que joga para baixo a eficiência da produção, pois com a incidência constante de avarias os recursos ficam imobilizados por mais tempo prejudicando a produtividade. Existe uma diversidade de conceitos para a função da manutenção em uma planta industrial. Seja ele qual for o objetivo será de manter as condições originais, para que tal equipamento possa atender com suas funções ao processo produtivo (BRANCO, 2008).

A manutenção é um conjunto de ações conduzidas para promover a substituição, repara-



ção, revisão ou modificação de componentes de uma organização fabril de maneira que esta esteja adequada a um modo de operação dentro de padrões específicos em tempos e movimentos também previamente especificados (KELLY; HARRIS, 2008).

Campos Júnior (2016) assevera que é cada vez maior a importância das estratégias de manutenção para que a organização possa alcançar seus objetivos, evitando falhas e o consequente processo de retroação. Portanto, ao se aplicar metodologias de manutenção, elas servirão de suporte no sentido de que a produção alcance seus objetivos, ou seja, a maximização e a qualidade e, dessa forma, alcançar o equilíbrio necessário com um planejamento de manutenção eficaz.

3.2 Manutenção corretiva

É considerada a forma mais básica de manutenção que consiste em deixar as instalações operando até a fadiga total do equipamento. A realização dos procedimentos de manutenção só ocorre após a quebra do equipamento. Contudo, mesmo considerado um procedimento que remete para uma manutenção entregue ao acaso, tal abordagem ainda pode ser subdividida em planejada e não-planejada (SLACK et al., 2012).

Conforme Vianna (2008) destacou-se que este tipo de manutenção é a intervenção necessária imediatamente para evitar ocorrências que gerem efeitos aos instrumentos de produção, ao meio ambiente e a segurança do trabalhador, estando aplicada em uma atitude eventual.

3.3 Manutenção preventiva

É considerada um dos tipos de manutenção mais importantes no ambiente da planta industrial, pois requer um planejamento e treinamento especializados para as equipes que estarão disponíveis para exercer essa tarefa. Por essa questão, Kardec e Nascif (2009) definem manutenção preventiva como o trabalho planejado feito em um sistema para identificar e corrigir quaisquer avarias que ocorram antes que se tornem grandes problemas. O conceito de manutenção preventiva se aplica a muitos setores diferentes. A manutenção preventiva é feita muitas vezes em prédios, vários tipos de máquinas, computadores e demais bens.

3.4 Manutenção preditiva

Segundo a NBR 5462 (1994), determinou-se que a manutenção controlada ou manutenção preditiva é aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Vianna (2008) define que a manutenção preditiva são tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentam acertar a proximidade da ocorrência da falha. Definiu-se o objetivo



principal deste método de manutenção que é determinar o tempo correto da necessidade da intervenção mantenedora, com isso evitando desmontagens para inspeção, e utilizar o componente até o máximo da sua vida útil.

3.5 Manutenção detectiva

Consiste na atuação efetivada em sistemas de proteção com o objetivo de detecção de falhas não visíveis ou não-perceptíveis aos operadores do sistema. Podese citar como exemplo, o botão de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis. A detecção dessas falhas pouco visíveis é uma questão importante para garantir a confiabilidade do sistema. Em sistemas complexos, essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação (ARAÚJO; SANTOS, 2008).

4. CONCLUSÃO

Nesse trabalho pode-se fazer uma explanação sucinta dos aspectos que envolvem a produtividade e a necessidade das indústrias estarem em constante evolução nas questões que se referem à utilização de novas tecnologias em máquinas e equipamentos, principalmente por conta da alta competitividade existente que exige das organizações uma interferência periódica dos seus processos.

Referências

- ARANTES, C.E. **Gestão estratégica**. Editora Saraiva, 2012.
- BRANCO FILHO, G. **Planejamento e controle de manutenção**: Curso de Planejamento e Controle de Manutenção. Minas Gerais, 2015.
- CAMPOS JÚNIOR, E.E. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na gerência de manutenção portuária – CVRD – São Luís**, 2016.74 f.
- COETZEE J.L. A holistic approach to the maintenance problem. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 5 No. 3, pp. 276-280. 2009; Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.../135525199102827...> Acesso em: Maio/2018.
- JIPM. **Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited**. JIPM-S. 2015.
- KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.
- _____. **Manutenção: Função Estratégica**. Ed. Qualitymark, 2013.
- KARDEC, A.; FLORES, J. F.; SEIXAS, E. **Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.
- KOMONEN K. **A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking**. *Int. J. Production Economics* 79. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/.../S0925527300001870> - Acesso em: Maio/2018.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 2007.
- MONKS, J. **Administração da produção**. São Paulo: Mc Graw-Hill LTDA, 2008.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 2007.
- NUNES, E. N; VALLADARES, A. **Gestão da Manutenção com Estratégia na Instalação de unidades Geradoras de**



Energia Elétrica. 2008.

OKUMUS, F. A framework to implement strategies in organizations. *Management Decision* 41/9, pp. 871-882, 2013.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial.** Vol.4, n.2, 2008.

OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, A. P. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. GEPROS. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru,** Ano 8, nº 3, p. 53-69, 2013.

PINTO, A. K., XAVIER, J. A. N. **Manutenção Função Estratégica.** Rio de Janeiro, Qualitymarck Ed., 2012.

SLACK, N. **Vantagem Competitiva na Manufatura.** 8ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

SIQUEIRA, I.P. de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade:** Manual de Implementação.1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2015.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP):** Uma abordagem Analítica. 2009. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

TAVARES, L. **Administração moderna da manutenção.** Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 2009.



CAPÍTULO 16

A MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E A REVOLUÇÃO 4.0

**Dedino Melo, Igor Oliveira, Jerusa Perla, Lothar Vilar, Murilo Longue,
Rodrigo Ferreira**

Resumo: A evolução da manutenção se dá ao longo da história e está associada as mudanças na sociedade, no contexto econômico-social, e o princípio da evolução se dá no período antes da Segunda Guerra Mundial, quando o maquinário era simples e não se falava ainda em garantir a disponibilidade dos equipamentos., ao passo que, após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento da demanda por vários tipos de produtos, sendo necessário maior disponibilidade dos equipamentos. Já na década de 70 do século passado, observa-se outro cenário com o aparecimento de equipamentos cada vez mais automatizados exigindo confiabilidade e disponibilidade destes. O aparecimento da Engenharia da Manutenção é justificado na garantia da disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade e tem como desafio minimizar falhas prematuras. O termo manutenção proativa separa dois cenários, um que faz menção a manutenção reativa, e o outro que visa antecipar a condição de falha do equipamento. A ideia é substituir a filosofia de falha reativa por falha proativa com o objetivo de identificar a causa raiz e não só solucionar um problema sintomático para que se alcance um aumento na vida do equipamento. Com esse enfoque, pretende-se desconstruir o pensamento que falha é uma rotina ou algo normal, como também substituir os tipos de ocorrências de falha de crise por falha programada, além de eliminar a condição de realizar substituições desnecessárias. Sintetizando a evolução da manutenção e associando toda uma condição de mudança organizacional sendo influenciada por uma mudança na sociedade, o objetivo desse trabalho é identificar uma nova realidade que ocasionará uma transformação em todos os setores, inclusive na manutenção influenciada pela indústria 4.0. A metodologia usada para realização deste trabalho foi a revisão bibliográfica que buscou artigos, trabalhos acadêmicos, etc...

Palavras-chave: manutenção, gestão da manutenção, indústria 4.0

1. INTRODUÇÃO

Em um universo globalizado, com evolução tecnológica dos processos industriais, alta competitividade, e busca por maior lucratividade, produtividade, alta performance com baixo custo, faz da manutenção uma função estratégica para o negócio. Pois a contribuição da manutenção para o atingimento dos objetivos estratégicos é garantir maior disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos, eliminando uma condição indesejada de parada não planejada na linha de produção. O papel da manutenção é fazer com que não haja manutenção, ou seja, elimine a condição de manutenção corretiva não planejada. (KARDEC, 2009).

A engenharia de manutenção estabelece um conjunto de ações, técnicas preditivas e preventivas, proposições de melhorias que permite identificar as falhas potenciais com maior eficácia através de tecnologias na garantia de antecipar a falha funcional e investigar a causa raiz. A gestão da manutenção é importante e desenvolve um papel estratégico principalmente porque busca maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos contribuindo para os resultados esperados do negócio.

Diante da relevância de garantir uma maior disponibilidade dos equipamentos, evitando paradas indesejadas, antecipando assim, as falhas potenciais. A pergunta a ser feita é: qual a contribuição e como as empresas precisam atuar para adequar-se a indústria 4.0?

Nesse novo cenário que se fala de conectividade, o papel da gestão da manutenção precisa estar atento a necessidade das organizações para que esteja conectada as grandes mudanças e modernizações de sistemas.

O objetivo desse trabalho é entender essa nova mudança que transformará toda a sociedade, como também a forma de atuação da manutenção, e identificar os principais aspectos que causarão essa mudança e as consequências.

A metodologia aplicada foi a revisão bibliográfica, que através dos artigos, trabalhos acadêmicos, ebook levantados busca a fundamentação desta obra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A Revolução Industrial transformou a vida das pessoas. Agora, qualquer um tem acesso à grande variedade de produtos, a novas formas de geração e distribuição de energia, a meios de transporte mais eficientes. Houve também uma migração massiva para as cidades. Recentemente, a internet encolheu o planeta e revolucionou o acesso à informação e o modo de relacionamento entre as pessoas (SEBRAE, 2016).

Diante das mudanças que estão em curso na indústria mundial, pode-se afirmar que estamos passando por um verdadeiro processo de revolução nunca antes visto. Em tempos onde a troca de informações é instantânea, o seu uso ainda pode ser muito explorado de forma a agilizar, otimizar ou controlar o desempenho de processos de forma remota (Welle Laser, 2017).



Esta revolução atinge a todos os setores e tem causado uma grande corrida em busca da garantia da competitividade das empresas que para isso, precisam entender o que move a indústria 4.0, qual a característica principal a se levar em consideração para se atingir essa configuração dinâmica do processo produtivo. Segundo Cheng et al. (2016) a essência da indústria 4.0 está baseada nos sistemas cibernético-físico e Internet das Coisas, que levarão as fábricas a atingirem um novo patamar de produção.

Segundo Baheti e Gill (2011), a remodelação das indústrias de países desenvolvidos da Europa e América do Norte está acontecendo através dos sistemas cibernético-físico e de tecnologias de integração e controle de sistemas wireless, sensores ligados ao processo produtivo, entre outros. Os sistemas cibernético-físico é a nova geração que integra computadores e a natureza física.

Muitas são as formas que as empresas poderão adotar para que seus sistemas estejam interligados, esse complexo cenário exige a aplicação de novas tecnologias para que haja a comunicação, o controle e integração dos dados através do sistema cibernético-físico.

A indústria 4.0 consiste em nove pilares que no futuro, gerarão oportunidades de desenvolvimento tecnológico no campo industrial que são: Big data; Computação em nuvem, Integração de sistemas vertical e horizontal; Inteligência artificial; Internet industrial das coisas; Realidade virtual; Robôs autônomos; Segurança cibernética. Simulação e impressão 3D (Rüßmann et al. 2015).

O grande desafio da manutenção é se manter como função estratégica, contribuindo com os resultados do negócio, e para isso, precisa buscar novas abordagens para uma visualização contextual, afim de dar o devido apoio na tomada de decisão dos diferentes níveis de uma empresa (MOURTZIS; VLACHOU; MILAS, 2016).

Várias são as métricas que podem ser adotadas para o acompanhamento e controle das máquinas para análise e controle do estado dos equipamentos com o objetivo de eliminar uma condição de parada indesejada. E como podemos perceber os países desenvolvidos já adotaram essas métricas, o desafio é que as corporações de países em desenvolvimento se inserir nesse novo cenário buscando formas de se manterem competitivas oferecendo produtos e serviços de qualidade satisfazendo seus clientes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), apontam uma redução de custos industriais no Brasil, a partir da migração da indústria para o conceito 4.0, e essa economia está relacionada a ganhos com eficiência, redução nos custos de manutenção de máquinas e consumo de energia. Para que isso ocorra é preciso que aconteça uma fusão do mundo físico e digital.

A grande concorrência sempre é a causa da geração de mudanças nas empresas e diante dessa nova onda chamada revolução industrial 4.0, as corporações precisam se adequar de forma eu seus equipamentos possam estar conectados de forma a se antecipar uma falha



potencial garantindo maior disponibilidade, confiabilidade, permitindo uma produção com qualidade a baixo custo.

4. CONCLUSÃO

A Revolução Industrial 4.0 é sem dúvida um grande desafio para que as empresas adotem um sistema cibernético-físico se destacando na sua área de atuação e se mantenham competitiva em um mercado cada vez mais exigente.

Referências

- FITCH, James C. Manutenção proativa pode economizar 10 vezes mais do que práticas de manutenção preditiva/preventiva convencionais. Disponível em <www.revistaelo.com.br/downloads/proativa.pdf> Acessado em: 21/03/2018.
- KARDEC, Alan. NASCIF, Julio. Manutenção: função estratégica. 3ed rev. e ampl – Rio de Janeiro: Qualitymark, Petrobras, 2009.
- SOARES, Nicolas Maciel at. AL- 2012. Auditoria Do Processo De Manutenção Proativa. Disponível em: http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2012_2_11/2012_2_11_monografia.pdf. Acessado em: 19/03/2018.
- CHENG, Guo-jian et al. Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. 2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence (isai), Hong Kong, p.407-410, jun. 2016. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISAI.2016.0092>. Disponível em < <http://ieeexplore.ieee.org/document/7816745>>. Acesso em: 29 de abril de 2019.
- RÜßMANN, Michael et al. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. 2015. Disponível em <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/>. Acesso em: 30 de março de 2019.
- MOURTZIS, D.; VLACHOU, E.; MILAS, N. Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing. Procedia Cirp, [s.l.], v. 55, p.290-295, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038>. Disponível em: . Acesso em: 24 de abril de 2019.
- BAHETI, Radhakisan; GILL, Helen. Cyber-physical Systems: The Impact of Control Technology. 2011. Disponível em: <<http://www.ieeecss.org/sites/ieeecss.org/files/documents/loCT-Part3-02CyberphysicalSystems.pdf>>. Acesso em: 19 de março de 2019.



CAPÍTULO 17

O PROCESSO RERREFINO: RECUPERAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS

Rayone Amorim da Silva, Gustavo Henrique Chaves Castro, Glauber Ferreira de Almeida, Arthur Alexander Guimarães Garcia, Eduardo Mendonça Pinheiro

Resumo: Este trabalho aborda o um dos grandes problemas para o meio ambiente e sociedade é o destino dos óleos lubrificantes usados e as consequentes implicações sobre o descarte indevido. Segundo leis ambientais brasileiras, o destino correto para este resíduo é o rerrefino de óleos lubrificantes usados. A alternativa de destino do óleo lubrificante usado mais discutida no trabalho é o rerrefino. O presente trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica com base no processo de reciclagem conhecido como rerrefino. Essa técnica permite ao óleo usado recuperar suas características originais e retornar à cadeia produtiva e ser reutilizado por ilimitadas vezes, evitando a degradação ambiental decorrente do descarte indevido no meio ambiente ou da sua utilização como combustível.

Palavras-chave: Rerrefino, Meio Ambiente, Óleo Lubrificantes.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é historicamente reconhecido como fonte de energia da humanidade e matéria-prima para produção de insumos industriais bem como de produtos de uso generalizado, sendo os óleos lubrificantes minerais alguns de seus inúmeros subprodutos.

De acordo com o Conama (1993), reciclagem de óleo lubrificante usado ou contaminado: consiste no seu uso ou regeneração. A reciclagem via uso envolve a utilização do mesmo como substituto de um produto comercial ou utilização como matéria-prima em outro processo industrial. A reciclagem via regeneração envolve o processamento de frações utilizáveis e várias contidas no óleo lubrificante usado e a remoção dos contaminantes presentes, de forma a permitir que seja reutilizado como matéria-prima. Para fins desta Resolução, não se entende a combustão ou incineração como reciclagem.

O processo de reciclagem de óleos lubrificantes, conhecido como rerrefino, representa uma interessante alternativa e vem sendo adotado por muitos países, inclusive o Brasil, com resultados positivos. Contudo, a experiência tem mostrado que os mecanismos de mercado não são suficientes para garantir a existência, em termos sustentáveis, do processo de rerrefino de óleos lubrificantes, ou seja, sua coleta, reciclagem e comercialização (SOUZA, 2005).

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma pesquisa bibliográfica sobre a recuperação de óleos lubrificantes e também da reutilização deles, utilizando o processo de rerrefino para garantir a reutilização e também como forma de alcançar os resultados de redução da poluição ambiental.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para construção do trabalho foi a pesquisa bibliográfica, tendo como base de dados livros, periódico, publicações científicas e acadêmicas, inclusive os materiais disponibilizados em bases de dados eletrônicas como *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Google Acadêmico* e repositórios de instituições nacionais de ensino superior. O estudo exploratório procura entender como as coisas funcionam. Foram utilizadas referências bibliográficas com conteúdos da pesquisa relacionados a óleos lubrificantes, processos de recuperação, petróleo. Todavia, é importante ressaltar que para trabalhar com assuntos de diversas áreas é mais seguro recorrer a textos já consolidados como pesquisa, observação, análise, classificação e interpretação dos dados coletados.

3. CLASSIFICAÇÕES DOS LUBRIFICANTES

De acordo com Gândara (2000), os óleos lubrificantes podem ser preliminarmente classificados como naftênicos, parafínicos ou mistos, em função do tipo predominante de hidrocarbonetos que compõem o petróleo processado. Vale salientar que esta classificação diz respeito a predominância de elementos naftênicos ou parafínicos e não a sua singularidade, ou seja, a ocorrência de óleos parafínicos ou naftênicos puros.

Uma outra classificação preliminar diz respeito a saturação. Nas cadeias de hidrocarbo-



netos presentes em um dado petróleo, os átomos de carbono podem estar unidos por uma só ligação ou valência, o que caracteriza os chamados hidrocarbonetos saturados, ou podem estar ligados por duas ou mais valências, característica dos hidrocarbonetos não-saturados (GÂNDARA, 2000).

3.1 Óleos lubrificantes minerais

Os óleos lubrificantes minerais são derivados do petróleo, constituídos por hidrocarboneto parafínicos, naftênicos e aromáticos. A composição química dos óleos lubrificantes depende do petróleo bruto que os originou. A viscosidade é a característica mais importante dos óleos lubrificantes, traduzindo a resistência interna oferecida pelas moléculas de uma camada quando se desloca em relação a outra. A viscosidade é o parâmetro que quantifica o atrito interno do fluido lubrificante (PÉCORA, 2004).

Para Santos (2018), Quanto mais viscoso for um fluido (“encorpado”), maior será a espessura da película de fluido sobre a superfície a lubrificar. Portanto, a viscosidade esta associada à capacidade dos fluidos de manter uma espessura de película que evite o contato direto entre os materiais em movimento.

O petróleo é historicamente reconhecido como fonte de energia da humanidade e matéria-prima para produção de insumos industriais bem como de produtos de uso generalizado, sendo os óleos lubrificantes minerais alguns de seus inúmeros subprodutos. Portanto, em casos de adversidade os lubrificantes minerais originam-se do processo de refino do petróleo. A fração destinada à sua produção deriva do processo de separação por destilação, que é baseado em sucessivos processos de vaporização e condensação, a fim separar as parcelas de diferentes volatilidades (HANARY; RICHTER, 2011).

Segundo Heligoss et al. (2001), óleos lubrificantes, sintéticos ou não, são derivados de petróleo, apresentam alta viscosidade e longas cadeias de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos empregados em fins automotivos ou industriais, que após o período de uso recomendado pelos fabricantes dos equipamentos, deterioram-se parcialmente, formando compostos oxigenados (ácidos orgânicos e cetonas), compostos aromáticos polinucleares de viscosidade elevada (e potencialmente carcinogênicos), resinas e lacas.

4. RECUPERAÇÃO DE ÓLEOS USADOS

O processo de recuperação propicia uma sobrevida às reservas de petróleo e evita que o óleo usado contamine o meio ambiente através de despejos criminosos. Porém, esse mesmo processo de rerrefino do óleo usado gera como subproduto final a “borra-ácida” que, se não tratada devidamente pode ser tão danosa ao meio ambiente quanto o descarte indiscriminado do óleo usado (ALVES, 2005).

Deste modo de acordo com D’avila e Freire (2013), a maior parte do óleo usado coletado para recuperação é proveniente do uso automotivo. Dentre estes estão os óleos usados de motores a gasolina (carros de passeio) e de motores diesel (frotas principalmente). No segmento de carros de passeio, a geração de óleos usados é extremamente pulverizada, o que



dificulta a coleta. Por outro lado, 36 os óleos usados por empresas de transporte são relativamente bem armazenados e apresentam maior uniformidade de características. Constituem a matéria-prima de melhor qualidade para a recuperação

Para Gândara (2000), a recuperação de óleos usados nesse ponto, é importante que se faça uma distinção entre os óleos usados de aplicações industrial e os de uso automotivo, e suas respectivas formas de recuperação:

Óleos usados industriais: Os óleos industriais possuem em geral um baixo nível de aditivação. Nas aplicações de maior consumo, como em turbinas, sistemas hidráulicos e engrenagens, os períodos de troca são definidos por limites de degradação ou contaminação bem mais baixos do que no uso automotivo.

Óleos usados automotivos: Nas aplicações automotivas, tanto os níveis de aditivação como os níveis de contaminantes e de degradação do óleo básico são bem mais elevados do que nas aplicações industriais.

5. OLUC (ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS OU CONTAMINADOS)

Depois de um determinado tempo de uso, o óleo lubrificante perde sua eficiência devido à deterioração de seus aditivos, perdendo assim as propriedades que lhe foram empregadas na formulação, necessitando ser trocado. Com isso há a geração de um resíduo perigoso para o meio ambiente: o OLUC (LIMA, 2017).

Segundo a Proluminas (2011), a queima de OLUC como combustível, ocasiona o lançamento de gases carcinogênicos no ar. Estima-se que 5 litros de OLUC podem lançar na atmosfera até 25 gramas de substâncias como chumbo, cádmio, níquel, cromo, zinco e outras composições químicas.

Devido aos problemas ambientais que o descarte inadequado do OLUC ocasiona, os geradores têm a responsabilidade de dar o destino adequado a este resíduo, pois todo o OLUC deve, obrigatoriamente, ser recolhido e ter destinação adequada, de forma a não afetar negativamente o ambiente, sendo proibidos quaisquer descartes em solos, águas superficiais, sistemas de esgoto ou lançamento de águas residuais (LWART, 2011).

De acordo com Gândara (2000), por isso o OLUC precisa ser coletado por empresas que possuem autorização da ANP para que seja feito o processo de rerrefino neste resíduo gerando um produto de qualidade e evitando danos ao meio ambiente. Segundo Moreira (1980), a análise de um óleo usado demonstra que as impurezas representam 20 a 35% do seu volume, podendo esse óleo ser considerado um petróleo bruto rico em óleo lubrificante e apto a receber nova refinação.

6. O PROCESSO DE RERREFINO

Os óleos lubrificantes representam cerca de 2% do total de derivados de petróleo e são os únicos que podem ser mantidos com as características originais, exercendo suas funções du-



rante períodos tão longos como 20 anos ou mais em unidades seladas. Os demais derivados de petróleo são utilizados como combustíveis ou matéria prima em indústrias químicas, sendo consumidos ou perdendo suas características originais na primeira utilização. Quando um óleo lubrificante produzido com básicos virgens, isto é, de primeiro refino, contém moléculas instáveis, principalmente aquelas contendo ligações duplas, que se oxidarão prioritariamente nas primeiras situações adversas. Por outro lado, o óleo básico proveniente de rerrefino, quando processado adequadamente, não contém essas moléculas, que já foram oxidadas na primeira utilização e eliminadas no processo de rerrefino. Pode-se afirmar, portanto, que o óleo básico rerrefinado pode ter qualidade superior à de um básico de primeiro refino, por ser constituído de moléculas remanescentes com maior resistência à oxidação (TRISTÃO, 2005)

Desta forma, Campos (2017) considera o processo de rerrefino é o único em que se retira do OLUC todos os contaminantes e devolve ao óleo lubrificante suas características iniciais. O óleo gerado pelo rerrefino é um óleo básico rerrefinado, que, assim como o óleo básico de primeiro refino, é utilizado como base para formulações de óleos lubrificantes, seja ele industrial ou automotivo. Porém, um grande problema é o preconceito por parte do mercado brasileiro de lubrificantes quando se fala em óleo lubrificante oriundo do rerrefino. Existe a ideia que é um óleo de baixa qualidade quando comparado com o óleo de primeiro refino, gerado diretamente da destilação do petróleo.

É muito importante quando se fala em rerrefino, não confundir com recuperação de óleo lubrificante. A recuperação de óleo é uma simples filtragem onde o óleo passa por uma bateria de filtros para retirar sólidos suspensos, porém as características continuam sendo de um OLUC e, portanto, este produto tem sua venda proibida como lubrificante ou combustível pela ANP (JULIÃO, 2011).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Rerrefino de Óleos Minerais, Sindirrefino (2011), considera-se rerrefino o processo industrial de remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivo do OLUC, conferindo aos mesmos, características de óleos básicos, conforme especificação do órgão regulador da Indústria do Petróleo (ANP).

O processo de rerrefino mais utilizado no Brasil pode ser dividido em cinco etapas: Termocraqueamento, Evaporação, Tratamento Ácido, Clarificação e Filtração.

7. CONCLUSÃO

Os óleos lubrificantes usados OLUC tem sido fonte de vários tipos de pesquisa e discussão, o processo de rerrefino reflete a uma das mais importantes alternativas de recuperação desses óleos. O processo rerrefino vem se revelando uma interessante opção na gestão de resíduos de óleos lubrificantes usados, tanto pelo aspecto técnico como pelos aspectos econômico e ambiental. Durante o estudo observou-se que o Brasil tem feito esforços para aprimorar e ampliar o rerrefino, todavia, fica claro que ainda há muito a se fazer, principalmente no que diz respeito à coleta que passa por uma questão cultural e sofre pela falta de uma estrutura nacional para recolhimento do óleo usado.



Referências

- ALVES, S. M. (2005). **Adequação Ambiental do Processo de Retificação através de um novo conceito de fluido de corte**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- ASSOCIAÇÃO DE PROTEÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CIANORTE, **Gerenciamento de óleos Lubrificantes Usados e Contaminados**, 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 9, de 31 de agosto de 1993. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 ago. 1993. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0993.html>> Acesso em: 31 out. 2018.
- CARRETEIRO, R. P.; BELMIRO, P. N. A. **Lubrificantes e Lubrificação Industrial**. Editora Interciência LTDA, 2006.
- CAMPOS, Rafael de Moura et al. **A logística reversa do óleo lubrificante: a aplicação da law and economics para análise da eficiência da logística reversa no âmbito da política nacional de resíduos sólidos**. 2017.
- DA REUTILIZAÇÃO, UMA ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES. ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS: UMA ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DA REUTILIZAÇÃO, 2000.
- D'AVILA, Luiz Antonio; FREIRE, Estevão. **AVALIAÇÃO TÉCNICA, MERCADOLÓGICA E DE TENDÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES DE BASE VEGETAL**, 2013
- DE LIMA, EDIVANIA DANIEL; **DO, PROCESSAMENTO INTEGRAL DOS PRINCIPAIS COMPONENTES; PAINEL, BIORREFINARIA SUPORTADA ENERGETICAMENTE POR. PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**, 2017.
- DOS SANTOS FILHO, Joaquim. **Controle operacional de equipamentos na fabricação de bebidas**. SESI SENAI Editora, 2018.
- HONARY, L. A. T; RICHTER, E. **Biobased Lubricants and Greases Technology and Products**. New York: John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- HILIGOSS, D.; O'LEAR, D. Analysis of wear metals and additive package elements in new and used oil using the optima 4300 DV ICP-OES. **Atomic Spectroscopy**, v. 22, n. 2, p.276- 279, 2001.
- JULIÃO, Juliano Caldeira. Estudo comparativo de óleos lubrificantes básicos minerais. **Revista da Graduação**, v. 4, n. 2, 2011.
- MOREIRA, SÉRGIO COSTA, **Introdução à Reciclagem de Óleos Lubrificantes** Instituto Brasileiro de Petróleo, 1980, p.4
- PROLUMINAS LUBRIFICANTES LTDA, **Importância do Rerrefino**, disponível em: <http://www.proluminas.com.br/meio_ambiente.php?pg=importancia_do_rerrefino> . Acesso em 02\11\2018
- PÉCORA, Marcelo Macedo Catuta. Degradação fotoquímica e eletroquímica da fração aromática do resíduo de óleo lubrificante. **Relatório. Graduação em Química Bacharelado. Universidade Estadual de Londrina**, 2004.
- PARUCKER, Moisés Luiz et al. **Desenvolvimento de materiais compósitos de baixo coeficiente de atrito com partículas de lubrificante sólido dispersas em matriz metálica a base de níquel**. 2008.
- RAMOS, P. Reciclagem de óleos lubrificantes. **Revista do Meio Ambiente Industrial**, v. 31, n.30 maio/jun., p. 124-132, 2001.
- TRISTÃO, José Américo Martelli; SOUZA JUNIOR, J. V.; TRISTÃO, Virgínia Talaveira Valentini. Gestão ambiental de resíduos de óleos lubrificantes: o processo de rerrefino. **Anais eletrônicos**, 2005.



CAPÍTULO 18

ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO DE FERRITA E FASE SIGMA NO PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS

André Isaias, Júlio César, Diego Sousa, Daniel Garcia, Thiago Santana de Oliveira

Resumo: O desenvolvimento dos aços inoxidáveis significou um grande avanço na fabricação de materiais resistentes à corrosão. Os austeníticos são responsáveis por maior fabricação da categoria. Sua escolha é justificável devido as excelentes propriedades, destacando, sua resistência à corrosão, oxidação, tenacidade, soldabilidade.

Palavras-chave: Fase Sigma, precipitação, aço inoxidável, ferrita delta, austenita.

1. INTRODUÇÃO

Uma estrutura totalmente austenítica possui uma cinética de precipitação de fase muito lenta, e são necessárias centenas ou milhares de horas na faixa de temperatura de precipitação para que ocorra a formação significativa da fase. Existem três principais motivos para essa característica, sendo elas: fase é precipitada após a precipitação de carbonetos e/ou nitretos, já que o carbono e o nitrogênio são insolúveis. É formada por elementos de solução sólida substitucional no aço, e a difusão desse tipo de elemento é muito lenta na austenita e possui uma estrutura cristalina complexa, incoerente com a austenita, acarretando em formação mais lenta do precipitado. Como um dos mais utilizados, os aços inoxidáveis são processados de várias maneiras na indústria, sendo a soldagem uma das principais. Diferentes processos, bem como diferentes elementos de liga fornecem a cada tipo de aço uma propriedade diferente, sendo que tem influência direta com sua microestrutura. Sabe-se que aços inoxidáveis austeníticos possuem microestrutura predominantemente austenítica, porém durante a solidificação devido à microsegregação de elementos poderá ser alterada. Uma das principais fases formadas durante a solidificação em aços inoxidáveis austeníticos é a ferrita delta, derivada da segregação de elementos estabilizadores da ferrita.

Esta fase tende a diminuir as possibilidades de ocorrer trincas a quente durante a solidificação, tende a aumentar a resistência mecânica, porém em detrimento a ductilidade, sendo um dos principais mecanismos para a precipitação de fases intermetálicas, como a sigma, que tem sua precipitação acelerada quando da presença de formações de ferrita delta é considerada uma fase prejudicial, por diminuir os parâmetros de resistência e ductilidade dos materiais.

Encontrar uma forma de evitar o máximo possível a presença da fase sigma nos aços inoxidáveis, que ao ser atingida por essa fase terá seu limite de resistência aumentado, mas em compensação haverá uma diminuição significativa da ductilidade e resistência a corrosão, propriedades essa que si busca de melhor nos aços inoxidáveis. Portanto objetivo será encontrar uma alternativa para minimizar o máximo possível a existência desta fase indesejadas nos aços inoxidáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente reunimos o máximo de informações e estudos sobre o assunto proposto, e com base neles e nos nossos estudos demos início ao desenvolvimento do artigo. Buscamos em pesquisas e estudos sobre os efeitos da fase sigma em aços inoxidáveis, a fim de encontrar uma forma de evitá-la nesse tipo de aço.

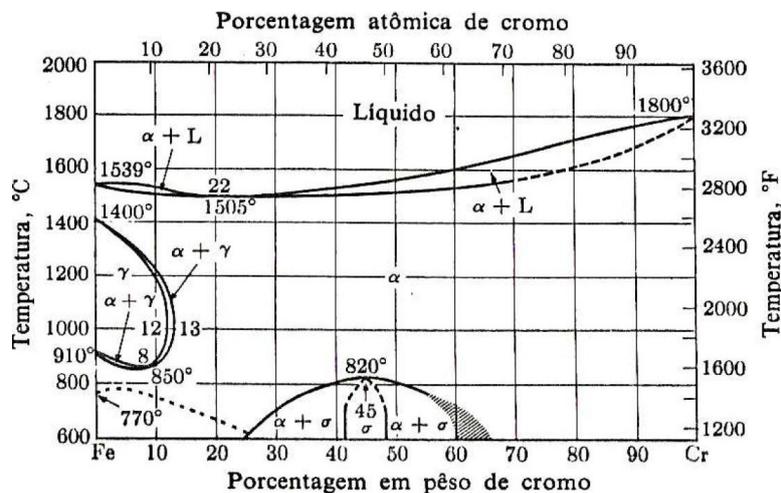
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme à Figura demonstra, os aços inoxidáveis austeníticos, por possuírem níquel em sua composição química, a precipitação da fase pode ser visualizada através do diagrama ternário Fe-Cr-Ni, percebemos que basicamente quatro fases sólidas são formadas neste sistema: austenita, ferrita, ferrita alfa e fase sigma. A formação da fase é proporcional ao teor de cromo, porém, observa-se que é inversamente proporcional ao teor de níquel, reduzindo sua formação conforme se aumenta o teor desse elemento de liga.



Fase	Célula unitária	Átomos por célula	Parâmetros de rede (nm)	Composição
sigma	TCC	33	a = 0,87 - 0,92 c = 0,45554 - 0,48	(Fe,Ni) _x (Cr,Mo) _y

A Tabela apresenta a estrutura e composição da fase a precipitação da fase se inicia nos contornos de grãos ou nas regiões de interface (especialmente em junções triplas), em uma faixa de temperatura entre 700 °C e 900 °C. Na composição química dos aços inoxidáveis há elementos de liga que favorecem a formação da fase (cromo, manganês, molibdênio, tungstênio, vanádio, silício, nióbio, titânio e tântalo) e aqueles que inibem a sua formação (níquel, cobalto, alumínio, carbono e nitrogênio).



A Figura mostra o diagrama de equilíbrio Fe-Cr onde se observa que a solidificação inicia-se com a formação da ferrita, que possui estrutura cristalina CCC. O cromo reduz o campo de existência da austenita, devido ao seu efeito ferritizante, estabilizando a ferrita para teores acima de 13% de cromo. O ponto de formação da fase no diagrama de equilíbrio é atingido para temperaturas inferiores a 850 graus para ligas contendo 20 – 70% de Cr quando expostas a temperaturas entre 500 a 850 destaca-se ainda que com altos teores de cromo a fase começa a precipitar a partir da ferrita a aproximadamente 820 graus.

4. CONCLUSÃO

Desta forma pode deduzir que o método mais viável para minimizar esta fase no aço inoxidável e o controle do percentual de cromo na liga de aço e principalmente o da temperatura que por sinal independente da composição da liga do aço tende a aparecer na temperatura de 550 °C a 850°C.

Referências

WELDER, M.A. Es tudo da relação microestrutura propriedades mecânicas e tratamento térmico dos aços inoxidáveis austeníticos AISI 316L e 317L soldados pelo processo gtaw, em termos de ferrita delta 2016. 140p. Dissertação (MESTRADO)



– em engenharia de materiais, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

RAFAEL, C.F. Estudo da formação da fase sigma em aços inoxidáveis austeníticos 2009. 72p. Dissertação (Pós-Graduação) – em engenharia metalúrgica e dos materiais, Universidade federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre.



CAPÍTULO 19

ANÁLISE FLUIDODINÂMICA DE PONTA DE ASA

Aldenir Joaquim Oliveira Vieira, João Wilker Ribeiro Barros Lima

Resumo: Com o avanço tecnológico que se tem a cada instante, a indústria 4.0 mostra-se de maneira satisfatória, quando se trata de novas tecnologias para análise computacional, visando que o uso de CFD, permite um ensaio preliminar das reações aerodinâmicas. Este trabalho, visa elucidar a análise de ponta de asa. Assim, permitindo com que o projeto final de uma aeronave, destinada a participar da competição SAE AERODESING, possa obter bons resultados, bem como a redução no arrasto induzido.

Palavras-chave: aerodinâmica, asa, tecnologia, indústria 4.0

1. INTRODUÇÃO

O uso da simulação computacional CFD, permite com que engenheiros, possam obter resultados antecipados de determinados sistemas de maneira fiel, baseada em cálculos. A equipe AeroBeetle em sua gestão desde o ano de 2018 buscando aprimorar seu desempenho na competição SAE AERODESIGN, procurou adaptar conceitos da 4ª Revolução Industrial, a então chamada Indústria 4.0. Onde investiu na busca de conhecimentos de softwares que possibilitasse uma análise fluidodinâmica, para seus projetos futuros. Tendo em vista, a obtenção de resultados automáticos em suas análises, através do *FLOW SIMULATION*, da *DASSAULT SYSTEMES*. O projeto aerodinâmico tem como objetivo demonstrar os estudos das forças de sustentação, peso, tração e arrasto que norteiam o voo, variáveis fundamentais para tomada de decisões nas escolhas dos perfis aerodinâmicos, formatos da asa e da empenagem. Assim, é esperado pela equipe que a aeronave BatwingBeetle possa obter de maneira satisfatória um excelente desempenho para o cumprimento da missão conforme as restrições estabelecidas pela SAE BRASIL AeroDesign.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Considerando objetivos e nível técnico da equipe, bem como do histórico de competição, a equipe se propôs a desenvolver uma aeronave baseada no conceito de *BWB (Blended Wing Body)* e com uma empenagem na ponta de asa, seguindo o modelo de *C-WING*. Modelo este, que se fez necessário realizar simulações, para comprovação de sua existência, na redução no arrasto induzido. Conforme, salientado no parágrafo anterior, a equipe buscou conhecimentos na área de simulações fluidodinâmicas, através do Flow Simulation, versão 2016 que emprega a resolução de equações de Navier Stokes, que são formulações de massa, momento e conservação de energia. Sistemas estes de equações, para descrever os fluxos laminares e turbulentos. Além disso, a transição de um estado laminar para turbulento. Durante a simulação, foi utilizado um computador com 1TB de HD, 4Gb de memória RAM e um processador i5.

$$d\vec{P}_{slaz} = \vec{V} dm \Rightarrow d\vec{F} = dm \left. \frac{d\vec{V}}{dt} \right|_{slaz} = dm \left[u \frac{\partial \vec{V}}{\partial x} + v \frac{\partial \vec{V}}{\partial y} + w \frac{\partial \vec{V}}{\partial z} + \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \right]$$

Figura 01- Demonstração da equação de Navier Stokes

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas análises em dois modelos de pontas de asas, onde um apresentava um dispositivo Winglet e o outro não. Estas análises, eram para quantificar o arrasto induzido na asa, fator este, oriundo da diferença de pressão da parte inferior com a exterior da asa. Maiores informações, conforme tabela abaixo:

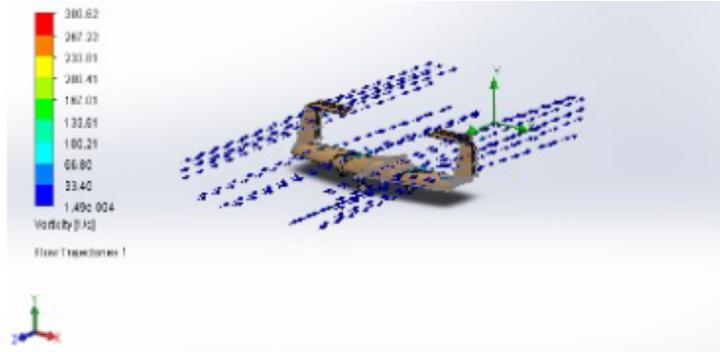


Figura 02- Simulação na ponta de asa

Tabela 1- Comparativo de pontas de asas

Tipo de ponta	Sem Winglet	Com Winglet
Arrasto induzido	52N	43N
Eficiência aerodinâmica L/D	72%	83%

Tais resultados, demonstraram o quanto foi fundamental a utilização de um dispositivo de ponta de asa na aeronave, para o projeto no ano de 2018. Tendo como análise preliminar, baseado em CFD, o que nos leva a validação do projeto.



Figura 03- Aeronave validada, através de CFD

4. CONCLUSÃO

Contudo, a equipe após obter tais resultados, validou seu projeto para participar da XX competição AeroDesing 2018, levando uma aeronave em seu conceito BWB. Identificando as-

sim, o quão se torna importante a utilização de ferramentas que possam auxiliar o estudante/engenheiro, através de meios virtuais. Para obtenção de um trabalho com qualidade.

Referências

- [1] ANDERSON, J. D., Jr. Fundamentos de Engenharia Aeronáutica: Introdução ao Voo. 7. Ed. São Paulo: McGraw-Hill LLC, 2015.
- [2] LIEBECK, R. Hallow Reynolds Number Airfoil Design at the Douglas Aircraft Company. Proceedings of the Aerodynamics at Low Reynolds Numbers $10^4 < Re < 10^6$. International Conference, Vol. 1, The Royal Aeronautical Society, London, 1986.
- [3] McCORMICK, B.W. Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics. 2.ed. Wiley, New York, 1995.
- [4] MENESES, João Luis de. Análise Numérica de Aerofólio Proposto Para um Veículo Aéreo Não-Tripulado Tipo Asa Voadora. Congresso Nacional de Estudante de Engenharia Mecânica, Porto Alegre-RS, 2013.
- [5] RODRIGUES, M. J. Fundamentos da Engenharia Aeronáutica- Aplicação ao Projeto SAE AeroDesign- Salto: IFSP, São Paulo, 2009.
- [6] ROSA, E.;Introdução ao projeto aeronáutico: uma contribuição à competição SAE Aerodesign. Santa Catarina: UFSC Centro Tecnológico, 2006.
- [7] ROSKAM, J. Airplane aerodynamics and performance, DAR Corp., University of Kansas, 1997
- [8] Technical References, Flow Simulation 2016



SISTEMA ONLINE DE MONITORAMENTO DA TEMPERATURA EM MANCAIS DE ROLAMENTO

Diego de Sousa Costa, Francisco Euder Rebouças do Rosário, Josiane Valadares Rego, Lulirgiane de Jesus Borges Costa, Luís Fernando Xavier Macedo, Ygor Luiz Frazão Campos da Silva, Rondymilson de Souza Lopes

Resumo: Este trabalho apresenta uma abordagem do tipo qualitativa sobre o monitoramento online de temperatura em mancal de rolamento. A metodologia aplicada neste trabalho é do tipo experimental. Para sua construção utilizou-se um protótipo como ferramenta principal para realizar o monitoramento de temperatura do mancal de rolamento autocompensador de rolos. O sistema de monitoramento de temperatura em mancais de rolamento em modo online é relevante para otimizar a produtividade de um equipamento constituído por partes móveis, tão quanto para aumentar a vida útil de máquinas ou equipamentos que são submetidos a esforços mecânicos quando estão em operação. Verificou-se que através da implementação de sensor de temperatura associado com Arduino no mancal de rolamento, há leitura de variação de temperatura no smartphone. Traz resultados de variação de temperatura identificados em gráficos num intervalo de medição de 10 segundos.

Palavras-chave: lubrificação, mancal de rolamento, manutenção, temperatura

1. INTRODUÇÃO

No mundo moderno, máquinas e equipamentos estão distribuídos em várias partes, principalmente nas indústrias, que utilizam diversos componentes rotativos em seu sistema de produção, e um destes componentes são os mancais de rolamentos, que tem a função de suportar forças internas resultante das operações dos maquinários e suportar também as forças externas que venham a ser aplicadas de forma intencional ou não (OLIVEIRA, 2005).

Tratando-se de mancais de rolamento, compreender como ocorre seus mecanismos de desgaste, material de sua composição, técnicas de lubrificação e lubrificantes, distribuição de cargas, tensões de contato e tensão de deformação, vida em fadiga, vibração e ruído, atrito e fricção, temperatura (OLIVEIRA, 2005) e a influência dos defeitos de tamanho distintos no comportamento da máquina, constituem o princípio de desenvolvimento de uma técnica que possibilita a antecipação dos defeitos mais comuns (MENNA,2007). Há grande relevância em se desenvolver métodos que proporcione a detecção de falhas em um mancal de rolamento, porque sua falha causa parada de máquinas e sistemas. A detecção de falhas em rolamentos é feita por meio de divisão de grandezas físicas, as quais são utilizadas para aquisição de sinal, sendo que esse sinal pode ser obtido por análise de vibração, desgaste ou por temperatura (WEIDLICH, 2009). Um dos fatores que geram a falha e fadiga dos mancais é a alta temperatura, que pode ser resultado de desgaste ou problemas relacionados à falta de lubrificação, isto ocasiona alterações nas condições do equipamento, componentes e do próprio processo (TREVISAN; REGULY, 2010).

Em função desse aspecto e visando a aumentar o tempo de trabalho, assim como identificar e diagnosticar o desgaste e falhas de um equipamento devido a um defeito de um mancal de rolamento, torna-se fundamental o desenvolvimento de uma metodologia de detecção antecipada que permita o monitoramento on-line dos níveis de temperatura dos mancais (WEIDLICH, 2009).

Neste trabalho apresentaremos a análise de variações de temperatura em mancal de rolamento autocompensador de rolos, no qual utilizou-se um sensor de temperatura e uma placa arduino para inclusão de programação lógica para realizar o monitoramento online.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem aplicada no projeto foi do tipo qualitativa. O estudo da análise de temperatura foi baseado em experimentos de verificação de variação de temperatura em mancal de rolamento do tipo autocompensador de esferas. Para este feito, realizou-se a implementação de telemetria (sistema tecnológico de monitoramento) que envolveu a montagem de circuito de controle e medição, implementação de software para o circuito de controle e medição, definição e criação de banco de dados em servidor para armazenar as informações adquiridas, implementação de programa servidor capaz de fornecer as informações do banco de dados e disponibilizar pela internet, implementação de sistema mobile para visualização dos dados e; tele controle.

A montagem do circuito de controle de medição e implementação de software, envolveu



a utilização dos hardwares Arduino Mega 2560, Hanrun HR911105A Ethernet Shield, Sensor de Temperatura DS18x20 family, Resistores e Cabos, e o recurso de Software Arduino IDE, Padrão e Biblioteca OneWire, Padrão e Biblioteca Ethernet para Arduino, Padrão SQL e Mysql Conector Lib para Arduino.

Para início de construção do protótipo, realizou-se a montagem dos rolamentos auto-compensadores e o eixo nas caixas de mancais, seguido de ajuste das folgas com o uso das buchas cônicas e, posteriormente, a fixação dos mancais na base junto com o motor elétrico. Depois iniciou-se a instalação da correia de múltiplos canais e ajuste da sua folga. Logo em seguida, instalou-se o sensor de temperatura na parte superior da caixa de mancal e ajuste de seus encaixes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram satisfatórios, visto que pode-se observar que tanto o protótipo quanto a análise da temperatura do mancal de rolamento através do monitoramento *on line*, representados pelas figuras 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5, funcionou da maneira pelo qual esperava-se, e assim pode-se constatar as variações de temperatura nos mancais de rolamento por meio da inserção de um sensor de temperatura em sua superfície, haja visto que o sensor mostra uma leitura precisa da temperatura, a cada 10 segundos medidas em °C. As figuras a seguir trazem as informações da ultima checagem com dados de: data, hora e mostra à que grau a temperatura se encontra em determinado tempo.

Na figura 1.1 a última checagem em 04 de novembro de 2018 às 19h57min15s, o gráfico indica a temperatura de 28,82°C determinando a temperatura ambiente, sem apresentar indícios de defeitos. Já na figura 1.2 verifica-se a variação da temperatura e o gráfico modificado com essa informação. Na última checagem em 04 de novembro de 2018 às 19h57min56s, a temperatura atingida é 30,50 °C, logo pode-se afirmar que há indícios de anomalias que podem trazer riscos ao rolamento.



Figura 1.1 e 1.2 – Monitoramento *online*
Fonte: Autores

A temperatura na figura 1.3 é de 32,00 °C às 19h58min07s, dia 04 novembro de 2018. O projeto segue o estudo estabelecido para tal função. O motivo para esta variação é que, quando submetido a cargas axiais e ou radiais tem-se um maior esforço dos rolamentos e respectivamente de seus corpos rolantes (WEIDLICH, 2009). Com a leitura da temperatura a cada

10 segundos conforme figura 10.4 ao comparar a última checagem em 04 de novembro de 2018, às 19h58min17s, verifica-se um valor de 32,50 °C, destarte, pode-se pressupor que há o início de desgaste, e tal afirmação ratifica o relato de Weidlich (2009), já que há transferência de calor produzido por atrito devido a uma combinação de pressão e velocidades elevadas, por isso temperatura local aumenta, podendo inclusive atingir valores elevados estabelecido para seu funcionamento, podendo promover por exemplo, a fusão das superfícies em contato e chegar a ruptura do mesmo.



Figura 1.3 e 1.4 – Monitoramento *online*
Fonte: Autores

Com os danos ocasionados pelo aumento da temperatura no mancal de rolamento pode-se fazer uma investigação, podendo assim encontrar a causa raiz do evento. Para manter o trabalho realizado pelos os mancais de rolamento, pode-se acompanhar as amplitudes de temperatura do mancal, fazendo com que tenha um aumento da confiabilidade e disponibilidade física e intrínseca do equipamento, por exemplo. Na figura 1.5 com última checagem em 04 de novembro de 2018 às 20h06min45s, verifica-se que a temperatura voltou para a mesma do início do experimento, mantendo temperatura ambiente de aproximadamente 29 °C após a parada do experimento.

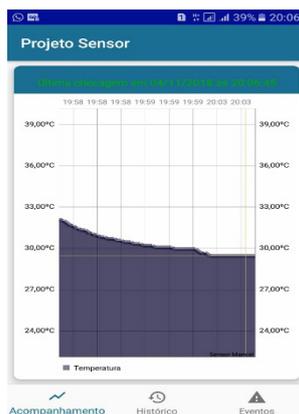


Figura 1.5 – Monitoramento *online*
Fonte: Autores

Nossos resultados ratificam do experimento de Weidlich (2009), que ao realizar o monitoramento da vibração, do ruído ultrassônico e da temperatura em mancal de rolamento de um motor elétrico, pode-se observar que em nenhum momento do experimento a temperatura do mancal de rolamento tornou-se estável, salientando que a decisão de completar o preenchimento total do espaço interno do rolamento com graxa lubrificante, por exemplo, leva o rolamento a ter um aumento de temperatura, o que impacta sobre o próprio lubrificante, tornando-

-o inútil para exercer sua função. Pode-se observar, também, que a temperatura do mancal de rolamento mantém-se elevada quando não existir nenhuma quantidade de lubrificante e para uma quantidade superior a 80% da capacidade do rolamento.

4. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos na análise de variações de temperatura no mancal de rolamento, pôde-se concluir que o monitoramento online dos níveis de temperatura descritos e realizados neste projeto, são capazes de antecipar a identificação de futuras falhas, onde diagnostica-se o desgaste e falhas de um equipamento devido a um defeito imputado ou secundário no mancal de rolamento, ocasionados por diferentes classes de falhas que como consequência temos o aumento da temperatura, proporcionando respectivamente a diminuição da vida útil do equipamento.

Referências

MENNA, Alexandre Ribeiro. **Detecção de falhas em mancais de rolamento por análise de vibrações em banda larga: um caso prático de aplicação em uma população de equipamentos rotativos.** 2007.

OLIVEIRA, R. J. G. **Implementação de técnicas de processamento de sinais para o monitoramento da condição de mancais de rolamento.** Guaratinguetá, 2005. 87p. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2005.

TREVISAN, Renato; REGULY, Afonso. **Análise de desgaste em mancais de rolamentos através de lubrificação assistida por ultrassom.** Estudos Tecnológicos em Engenharia, v.6, n. 3, p. 122-139, 2010.

WEIDLICH, Felipe. **Avaliação da lubrificação de rolamentos de motores elétricos por ultrassom.** 2009.



CAPÍTULO 21

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E A RELAÇÃO PRODUTIVIDADE E CUSTO NO DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS PARA AERODESIGN.

Livesonn Sebastião de Sousa Teixeira, Jonas Alvares Silva, João Wilker Ribeiro Barros Lima

Resumo: Com as vantagens de qualidade, economia de recursos, aumento da produtividade, segurança e redução de erros, a 4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0 vem trazendo soluções tecnológicas que permitem a fusão do mundo físico e digital. Nesse contexto, o presente artigo abordará o gerenciamento de projeto do protótipo Aeromaiden através do conceito big data utilizando o Power Bi e as simulações computacionais empregadas no primeiro protótipo 2019.

Palavras-chave: aerodesign, power bi, big data, gestão de projetos

1. INTRODUÇÃO

O uso da simulação computacional e de ferramentas online de gestão possibilitam eficiência, controle de informações e qualidade no desenvolvimento de produtos. A simulação permite visualizar o comportamento de sistemas reais através de modelos virtuais que resultam em um **digital twin**, a cópia fisicamente fiel. A equipe Aerobeetle em sua gestão de 2019 buscando aprimorar seu desempenho na competição SAE AERODESIGN e introduzir-se na 4ª Revolução Industrial, investiu-se no aprendizado de novas tecnologias de gerenciamento e simulação onde o resultado de todo o processo foi aplicado no primeiro protótipo da aeronave o Aeromainden 2019.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Em uma equipe de aerodesign tomadas de decisões estratégicas são extremamente importantes para um projeto bem-sucedido. São diversas análises a serem estudadas e varias soluções a serem investigadas para criação de um protótipo de aeronave que cumpram os requisitos do regulamento fornecido pela SAE AeroDesign. Desenvolveu-se uma metodologia de finalidade aplicada, com objetivo descritivo, abordagem quali-quantitativa de procedimento experimental. No concludo metodológico, estabeleceram-se os seguintes métodos:

- Acatar preceitos do regulamento SAE BRASIL AeroDesign;
- Utilizar ferramentas de gerenciamento de projetos online;
- Desenvolver um protótipo com as análises estudadas dos relatórios;
- Realizar simulações da configuração da aeronave definida;

Com o estudo concluído acerca das restrições do regulamento da competição, entrando na estratégia de Big Data optou-se por usar o Power Bi, uma ferramenta baseada em *Cloud computing* permitindo que aplicativos e dados sejam compartilhados entre diferentes locais e sistemas em apenas um único lugar, chamado de *dashboard*. Facilitando a tomada de decisões de marketing, construção, divisão de tarefas e finanças.

Baseando-se em critérios estudados pelas áreas de conhecimento do projeto; aerodinâmica, cargas e aeroelasticidade, estruturas, desempenho, estabilidade e o projeto elétrico desenvolveu-se as restrições geométricas da aeronave 2019 nomeada de Aeromaindem. Com as restrições geométricas obtidas realizou-se a simulação computacional do primeiro protótipo virtual. A simulação computacional compreende o processo de criação do modelo assim como o projeto e implementação de um experimento adequado para a representação de um sistema real (PRITSKER, 1986). Utilizou-se o flow simulation para análise dinâmica de fluídos computacional CFD (Computational Fluid Dynamics) e o autocad para criação de modelos tridimensionais. As simulações permitiram a elaboração do seguinte conceito apresentado pela figura 1.





Figura 1: Protótipo Gerardo através das simulações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do Power Bi permitiu uma gestão orçamentária com facilidade aumentando a capacidade de análise e, conseqüentemente, aumento de produtividade. Por ser uma ferramenta de fácil aprendizado e fornecer informações em tempo real, pode-se encontrar problemas e melhorar o desempenho antecipadamente. Além disso permitir incorporar dados do Excel e também outros programas. A figura 2 apresenta o Power Bi e um de seus usos empregados na equipe.

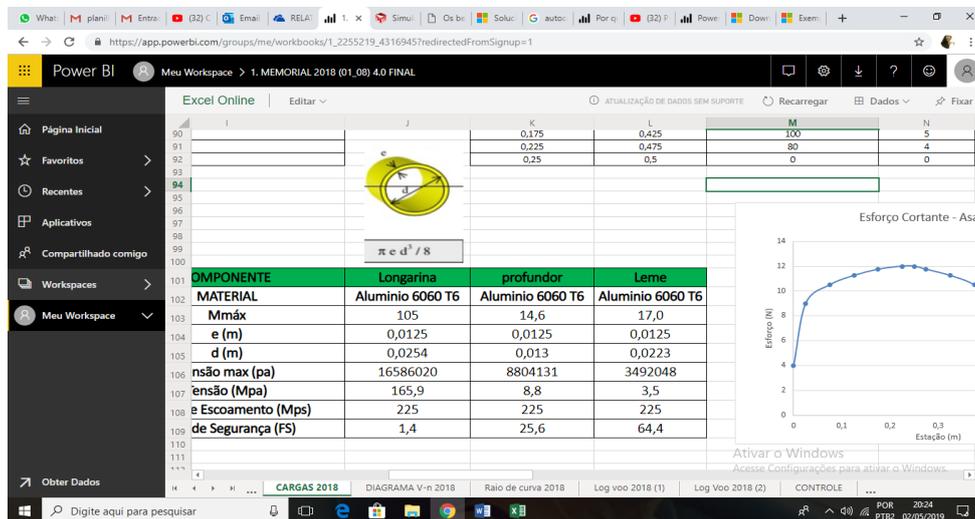


Figura 2: Power Bi integrado as planilhas de excel.

Estabelecendo uma comparação com o projeto Batwingbeetle do ano de 2018 houve uma melhora significativa no tempo de desenvolvimento do primeiro protótipo, diminuição do número de protótipos físicos reduzindo custo e tempo de desenvolvimento. A análise computacional CFD, permitiu apontar o perfil beetle 2 que dentre os estudados apresentou melhor performance aerodinâmica. Com aplicação dos conceitos estudados e organização de cronogramas na construção baseando-se em detalhes das simulações, foi possível construir o primeiro protótipo 2019. A figura 3 apresenta o primeiro Modelo 2019.



Figura 3: Protótipo 2019

4. CONCLUSÃO

O uso do Power Bi favoreceu na tomada de decisões e resoluções de problemas estratégicos deixando todos os membros da equipe conectados e atualizados principalmente na questão financeira e quantidades de materiais disponíveis para construção da aeronave. A escolha da configuração da aeronave permitiu o desenvolvimento de um protótipo com o mais próximo do real, tudo isso se deve as soluções computacionais serem integradoras de análises multidisciplinares, de aerodinâmica, materiais, estruturas e custos de fabricação, englobando características dos sistemas base da indústria 4.0

Referências

- PRITSKER, A.A.B. (1986) - Introduction to Simulation and SLAM II. 3ed. New York: Systems Publishing Corporation.
- SAE BRASIL AeroDesign. **Regulamento da Competição**. São José dos Campos, 2019

CAPÍTULO 22

BANCADA EDUCACIONAL PARA ESTUDO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MANCAIS DE ROLAMENTO

Antônio Carlos M. Penha, Bruno Endreu Ferreira Almeida, Rubia Ribeiro Almeida, Charlon Moura de Oliveira, Jose Wilson Coelho Sousa

Resumo: Os rolamentos são um dos componentes mais importantes em máquinas e equipamentos e são utilizados como elementos de ligação para interligar componentes de movimentos relativos à rotação. Eles estão presentes na maioria das máquinas. A quebra ou falha de um desses componentes levam a parada do equipamento trazendo prejuízos muitas vezes incalculáveis. A partir desses problemas recorrentes houve a necessidade de se utilizar de novas técnicas afim de diminuir possíveis prejuízos, tornando previsíveis as falhas em mancais de rolamento. E a partir da evolução de processadores eletrônicos se tornou possível fazer a análise de monitoramento e diagnósticos com resultados satisfatórios. A bancada de testes tem como finalidade simular possíveis falhas em longa escala e a detecção delas através da técnica de análise de vibrações

Palavras-chave: Mancais de Rolamento, Falhas, Manutenção Preditiva, Análise de vibrações.

1. INTRODUÇÃO

Em toda área industrial a continuidade operacional das plantas dependem da performance de alguns equipamentos, como bombas centrífugas, motores e correias transportadora, que em sua maioria utilizam mancais de rolamento e são projetados para atuarem centenas de horas, podendo atingir durabilidade maior que a prevista, dependendo das cargas, lubrificação e contaminação (VASCONCELOS; RIBERA,2012).

As falhas dos mancais de rolamento podem causar danos pessoais e econômicos. Evidenciando há necessidade de análise por métodos não-destrutivos, como a análise de vibrações para que se possa detectar uma previsibilidade dos defeitos em rolamentos com antecedência permitindo a troca dos mesmos sem que haja paradas inesperadas ou perdas de lucro cessante (ALMEIDA,2007).

Segundo almeida (2007), as técnicas de processamento de sinais para detecção e diagnósticos de falhas em mancais de rolamento para análises de falhas. Os sintomas de vibrações de vários modos de falha são complexos e podem ser difíceis de prever. Esses modos de falhas que resultam na interação dos componentes do mancal como falhas na lubrificação, produziram ruídos e vibrações.

Este trabalho possui a finalidade de reproduzir em menor escala uma bancada para exemplificar análises de manutenção preditiva. A bancada terá o objetivo de simular os efeitos adversos de vibrações em mancais de rolamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi elaborado a partir da montagem de uma bancada didática para a análise de vibração de mancal de rolamento, primeiramente foi realizado um estudo acerca do tema em questão, desenvolvido em solidworks o projeto e o dimensionamento, elaborou-se uma lista dos materiais necessários e o tipo de análise que seria utilizada, optou-se por usar FAG DETECTOR III, onde teria a possibilidade de analisar cada rolamento independente e gerar seus respectivos gráficos, no segundo momento do projeto iniciou-se a compra das peças e reaproveitamento de sucatas para a montagem da bancada.



Figura 1 – Momento em que e feito o teste na bancada A



Figura 2 – Medição de vibrações na bancada B

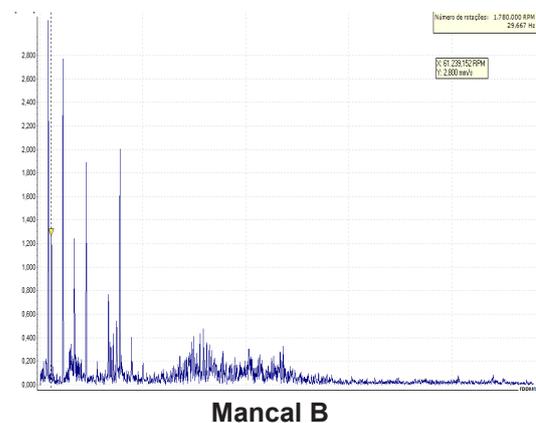
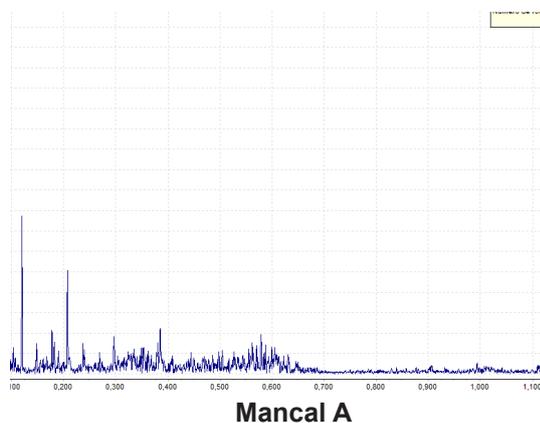
Utilizou-se o laboratório da faculdade Pitágoras e uma oficina de usinagem cedida a um dos membros da equipe, toda a estrutura foi montada sobre uma tábua, fixação de quatro mancais pedestal de rolamento à tábua e alinhados ao eixo, onde os dois eixos foram retirados de amortecedores e usinados até a medida dos mancais de rolamentos, um deles foi usinado para a adaptação de um acoplamento junto ao eixo do motor e na sua outra extremidade foi acoplado uma engrenagem menor de 14 dentes.

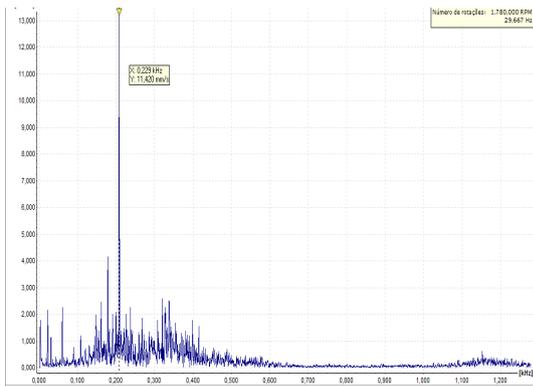
No segundo eixo foi utilizada engrenagem maior de 19 dentes, se fez uso de uma corrente de moto usada para completar o conjunto que fez a rotação do eixo secundário, junto a um motor de 1/3 de cv (rotação de 1740 RPM), onde desempenhou as rotação necessárias para os devidos testes, foram fixados pês de borracha para evitar a vibração excessiva, a ligação feita em um chaveamento liga/desliga.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

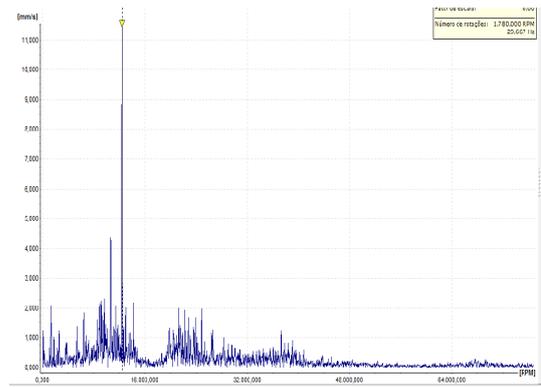
A bancada didática para a análise de estudos de manutenção preditiva em mancais de rolamento, apresentou o resultado esperado. A bancada número 1 devido ao seu desalinhamento sofreu bastante em relação a bancada de número 2 como mostra os gráficos abaixo.

TESTES NA BANCADA 1

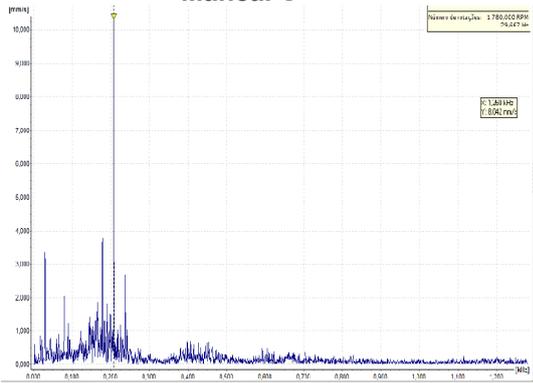




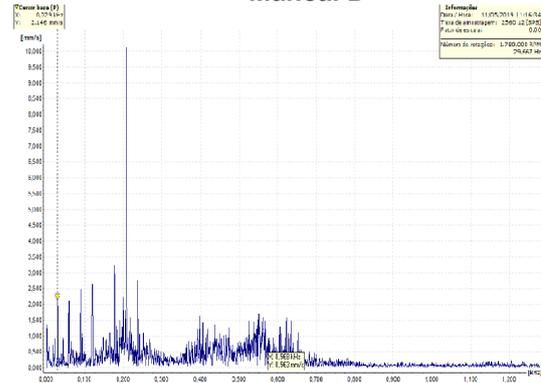
Mancal C



Mancal D

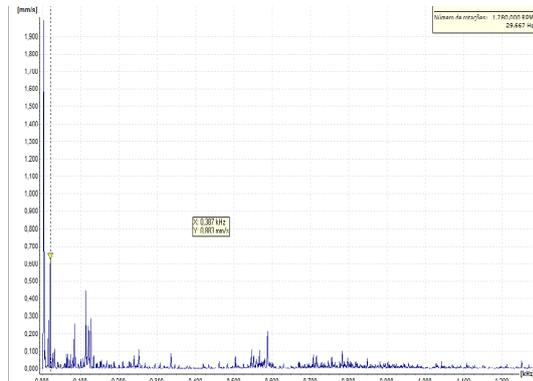


Mancal E

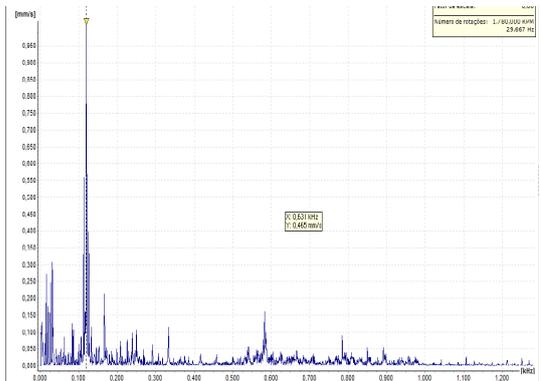


Mancal F

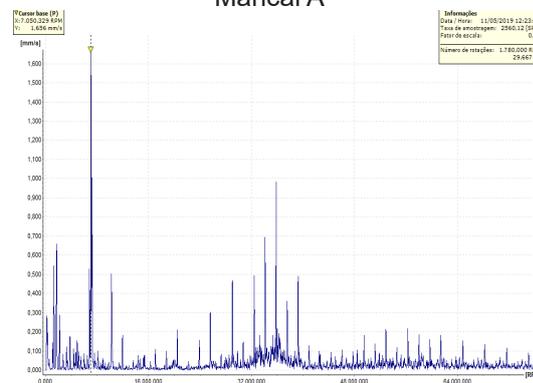
TESTES NA BANCADA 2



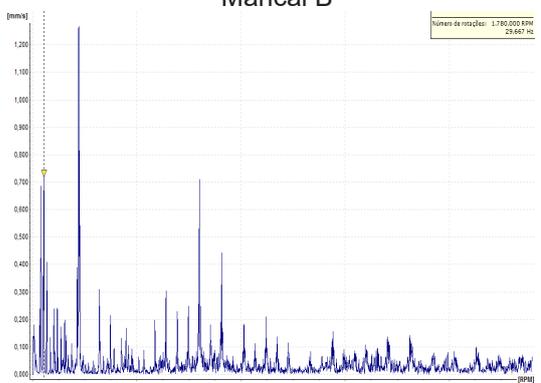
Mancal A



Mancal B

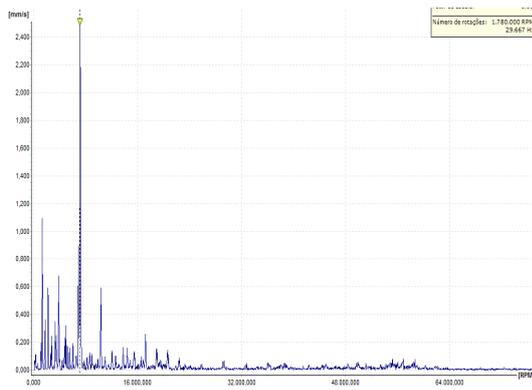


Mancal C

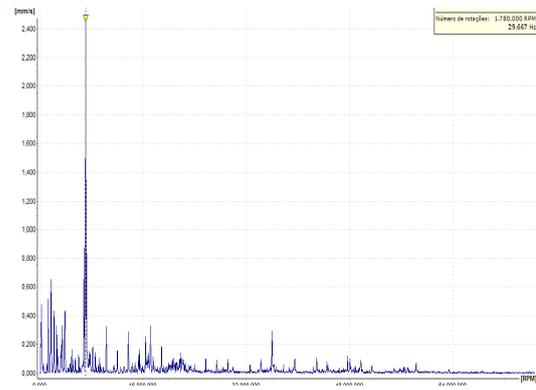


Mancal D





Mancal E



Mancal F

Foram feitos testes de vibrações nas duas bancadas, onde a bancada de número 1 estava propositalmente desalinhada e com falta de lubrificação e a bancada de número 2 estava alinhada e comum melhor índice de lubrificação, afim de comparar resultados sobre desgastes e possíveis quebras em rolamentos.

O resultado final é bem claro e evidencia que nos testes da bancada A houve um grandes amplitudes de frequência devido ao desalinhamento e a falta de lubrificação e isso é bem evidenciado nos gráficos, tendendo assim a ter sucessivas paradas e quebras se comparadas com a bancada B, além de frisar a importância da análise de vibrações como ferramenta de manutenção preditiva.

4. CONCLUSÃO

O protótipo que simula uma bancada de análise de vibrações atendeu as expectativas e demonstrou ser de grande importância para a comprovação de resultados práticos. A bancada se tornou essencial no estudo para a demonstração de situações corriqueiras em plantas industriais através de um método ainda pouco utilizado e que traz resultados rápidos, sendo de grande eficácia para que as equipes de manutenção tenham uma previsibilidade da falha.

Referências

ALMEIDA, Fabiano Ribeiro. **Análises estatísticas e reconhecimento de padrão aplicados em diagnósticos de defeitos em rolamentos através de análise de vibração**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - universidade federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

VASCONCELOS, Nivaldo; RIBERA, Marcos Pinto. **Técnicas de análise de defeitos em rolamentos. Técnica tradicional, nova tecnologia e perspectivas de uso na Açominas**. Ouro Branco. 2012.

SOBRE O ORGANIZADOR



THIAGO SANTANA DE OLIVEIRA: Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal do Maranhão (2004), com mestrado em Engenharia de Materiais (2016) na mesma instituição. Atuou como profissional nas áreas de siderurgia e gerenciamento de frota de veículos e equipamentos a diesel, com bons conhecimentos nas ferramentas de gestão da manutenção. Ministra aulas desde 2005 com experiência inicial no ensino médio e técnico. Atualmente, trabalha na docência de ensino superior, onde possui experiência de 5 anos e meio. É coordenador do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Pitágoras de São Luís e docente na Faculdade Pitágoras - Maranhão. Responsável pela organização de eventos na instituição, como a Mostra de Iniciação Científica da Engenharia Mecânica (ICEMEC), que rendeu publicações de livros e capítulos. Possui artigos e trabalhos publicados em sua área de experiência.



Nesta obra figura vinte e dois trabalhos de Iniciação Científica desenvolvido por discentes, docentes e pesquisadores do curso de Engenharia Mecânica – Faculdade Pitágoras em São Luis - MA, cuidadosamente selecionados, aprovados e avaliados entre os melhores trabalhos defendidos no evento “III Mostra Científica de Engenharia Mecânica – ICEMEC”. O evento tem por finalidade, estimular e difundir a produção de alunos, grupos de iniciação científica, professores e colaboradores, orientados por equipe de revisores do evento a produção de um a dois anos de trabalho, trazendo questões atuais e inéditas para a literatura especializada. Nesta edição do evento são abordados uma coletânea de artigos que versam sobre os temas: internet das coisas, bancada educacional, controlador pid, ferramentas da qualidade, plataforma zabbix, qualidade de combustível, análise da vibração e fluidodinâmica, gestão de manutenção, manutenção em máquinas e equipamentos, manutenção preditiva, simulação de um circuito térmico, otimização, medições com paquímetro, reaproveitamento de água, indústria 4.0, processo rerrefino, aços inoxidáveis austeníticos, sistema online de monitoramento e aerodesign.

Aplicação

A obra destina-se a divulgação de trabalhos de iniciação científica realizados nas áreas de Engenharia II e III, com ênfase para pesquisas desenvolvidas por estudantes, docentes e pesquisadores voltados para as áreas de engenharia: mecânica, do produto, materiais e metalurgia, química e metrologia. Os autores esperam que esta valiosa obra lhes sirva de convite para aprofundar seus conhecimentos técnico científico e nuclear novas discussões que nos leve as fronteiras do desenvolvimento técnico científica.