GESTÃO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: eletrificação de acionamento de terno de moenda

INDUSTRIAL MAINTENANCE MANAGEMENT: electrification of milling suit activation

Estela dos Santos Nascimento[I]
Karine Rocha Maroli[II]
Gustavo Coser Monteiro Dias[III]
Maria Aparecida Bovério[IV]

RESUMO

Esse artigo apresenta os resultados de um estudo de caso sobre o investimento realizado por uma empresa do ramo sucroalcooleiro da região de Ribeirão Preto/SP, que visou otimizar os processos de extração e moagem do caldo de cana-de-açúcar. O investimento destinou-se a substituição das turbinas a vapor, responsáveis pela alimentação dos eixos das moendas, por motores elétricos, onde se obteve uma redução de 34% em relação aos custos e aumento da disponibilidade e do tempo de aproveitamento industrial. Esse trabalho também apresenta os custos, as aplicações e os benefícios obtidos das manutenções, sendo elas: manutenção preditiva, preventiva e corretiva. Dentre os resultados obtidos pode-se perceber o ganho energético, o aumento do tempo de aproveitamento industrial (TAI) e a redução dos custos com manutenção, o que permitiu concluir pelo sucesso do projeto de substituição e intuir pela replicação do mesmo em outras empresas do mesmo segmento.

Palavras-chave: Custo. Manutenções. Turbina. Motor Elétrico.

ABSTRACT

This article brings a case study on the investment performed by a company of the sugar-alcohol industry in the region of Ribeirão Preto / SP, that aimed to optimize the extraction and grinding processes in sugar cane juice. The investment was intended to replace steam turbines, which are responsible for feeding mill shafts, by electric motors, where a reduction of 34% was obtained in relation to costs and increased availability and time of industrial use. This work also presents the costs, applications and benefits obtained from maintenance, such as: Predictive, Preventive and Corrective Maintenance. Among the results obtained, it is possible to perceive the energy gain, the increase in the time of industrial use (TAI) and the reduction of maintenance costs, which allowed to conclude by the success of the replacement project and to intuit for its replication in other companies of the same segment.

[I] Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: estelasantosn@gmail.com
[II] Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: karine.rocha.maroli@gmail.com
[III] Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: gustavo.dias10@fatec.sp.gov.br
[IV] Profa. Pós-Dra. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: maria.boverio@fatec.sp.gov.br

Keywords: Cost. Maintenance. Turbine. Electric Motor.

Data de submissão do artigo: 08/09/2020.
Data de aprovação do artigo: 08/10/2020.
DOI: 10.33635/sitefa.v3i1.126

1 INTRODUÇÃO

Esse artigo apresenta os resultados da análise de custos, relacionados as atividades de manutenções voltadas às turbinas a vapor e aos motores elétricos. Ambos os equipamentos são utilizados na extração do caldo de cana-de-açúcar, em uma empresa sucroalcooleira na região de Ribeirão Preto/SP[1]. Inicialmente essa empresa acionava os eixos da moenda de cana-de-açúcar por meio de turbinas a vapor e, após a realização da pesquisa de viabilidade cujos resultados serão apresentados no presente trabalho -, procedeu com a substituição das turbinas por motores elétricos.

De acordo com Macintyre (2016), a turbina a vapor utiliza a energia cinética disponível no vapor submetido a uma elevada pressão. Esta energia é transformada em movimento das palhetas fixadas ao rotor, fazendo com que a energia térmica seja convertida em energia mecânica.

Segundo Petruzzela (2013), o funcionamento do motor está baseado no eletromagnetismo, que estabelece que uma corrente elétrica, ao percorrer um condutor, forma um campo magnético. Esse campo magnético move o rotor em sentido horário na mesma direção do campo do estator, transformando a energia elétrica em energia mecânica.

A busca pelo aumento da eficiência das práticas de manutenção industrial é acompanhada, entre outras decisões, pela intensificação das atividades investigativas e de monitoramento, portanto, inspeções e técnicas de manutenção preditiva. Cada vez mais as atividades de manutenção corretiva não planejadas estão deixando de ser praticadas. Os custos de manutenção são expressões monetárias de valor aplicadas sobre bens (máquinas, equipamentos, etc.) ou serviços (mão de obra), destinado a restabelecer o funcionamento / capacidade produtiva deles (FREITAS; REZENDE, 2005).

A iniciativa da empresa em otimizar o processo de moagem do caldo de cana-de-açúcar teve como objetivos, a redução dos custos e o aumento do Tempo de Aproveitamento Industrial (TAI).

2 MANUTENÇÃO

De acordo com Shigunov (2014) a manutenção visa o bom funcionamento dos ativos ou sistema, fazendo prolongar a vida útil e, assim, evita o desgaste e avarias que poderão surgir.

Kardec e Nascif (2005) definem manutenção como as atividades necessárias para garantir a disponibilidade das funções dos equipamentos e instalações, de maneira a atender um processo produtivo e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados para a empresa.

[1] A empresa autorizou a pesquisa, mas não autorizou sua identificação.

Pereira (2011) explica que a manutenção é um conjunto de ações tomadas para restabelecer o bom funcionamento do equipamento, ou seja, para garantir que esse desempenhe a função requerida.

2.1 Tipos de manutenção

- **Manutenção corretiva:** segundo Pereira (2011) é aplicada após a ocorrência da falha, com a finalidade de colocar o ativo em funcionamento novamente ou quando não está tendo um bom desempenho. Essa manutenção pode ser dividida em dois tipos, corretiva planejada e não planejada, e geralmente apresenta alto custo em sua aplicação.
- **Manutenção preventiva:** de acordo com Almeida (2000), essa manutenção é aplicada com o intuito de diminuir a probabilidade de falha e manter o desempenho do ativo. É desenvolvida através de procedimentos, planos de manutenção e inspeções. Segundo Pereira (2011), é efetuada em intervalos predeterminados, após os quais realiza-se a substituição ou o reparo de itens em que foram detectadas anomalias. Algumas das atividades de manutenção preventiva são:
- Inspeção de peritragem: é realizada uma análise nos principais componentes dos ativos, para determinar se há necessidade de troca ou não.
- Hibernação mecânica: de acordo com Silva (2011) hibernação é quando um ativo não está desenvolvendo a função requerida por efeito de parada total de produção, de modo que ele deve ser contemplado em um plano de inspeção de componentes e giro mecânico, conforme definição de período. Quando for novamente solicitado, voltará a desenvolver a função sem falha eminente.
- Plano de lubrificação: são documentos elaborados com a finalidade de padronizar a aplicação de lubrificações em pontos específicos de determinado ativo, onde constam: o tipo do lubrificante, quantidade, frequência e responsável pela realização da atividade.
- **Manutenção preditiva:** segundo Nepomuceno (1989) essa manutenção se aplica por meio de análises em pontos específicos do ativo, como por exemplo, nível de óleo, análise de vibração e análise de temperatura (termografia). É aplicada com a finalidade de monitorar o padrão de funcionamento do ativo e identificar potencial de falha quando existente.
- Análise de termografia: utiliza-se uma câmera termográfica, que permite identificar, por meio da radiação de raios infravermelhos uma imagem transmitida através do calor. Nesse estudo de caso a câmera utilizada foi uma FLIR E40, conforme figura 1.

Figura 1 - Câmera termográfica Flir E40



Fonte: Soluções Industriais (2020)

- Análise de temperatura sensitiva: são medições de temperatura realizadas através de um termômetro digital, como, por exemplo, o Infra Mira Laser (figura 2). Esse instrumento tem como finalidade monitorar as alterações de temperatura que podem ser sinais de mau funcionamento do equipamento analisado.

Figura 2 - Termômetro Infra Mira Laser



Fonte: Leone Equipamentos (2020)

- Análise de vibração: procedimento realizado em partes móveis do equipamento sob análise, que visa aferir as frequências de vibração de cada componente, comparando-as com padrões estabelecidos a cada um deles, divergentes detecção de anomalias pode sugerir a ocorrência de falhas iminentes. O modelo utilizado nesse estudo de caso foi um CMVA 60 SKF, conforme figura 3.

Figura 3 - Aparelho de vibração CMVA60 SKF



Fonte: CAE ONLINE (2020)

- Análise de óleo: são análises laboratoriais, realizadas periodicamente, com a finalidade de identificar contaminantes, além da composição química e a presença de partículas no óleo, as quais podem ocasionar desgastes nos componentes.

2.2 Equipamentos

O presente estudo de caso aborda os custos e as práticas de manutenção relacionadas às turbinas a vapor e aos motores elétricos.

2.2.1 Turbinas a vapor

De acordo com Andrade (2011), turbinas a vapor são máquinas térmicas que utilizam vapor (fluido) comprimido, gerado por caldeira (energia térmica). As turbinas transformam a energia proveniente do vapor em trabalho (energia mecânica, se ligada a um rotor e, energia elétrica, se ligada a um gerador).

De acordo com Andrade (2011), os principais componentes presentes nessa máquina, com as respectivas funções, são:

- Bocais – responsáveis pela alimentação e distribuição adequada do vapor.
- Palhetas fixas (expansores) – fixadas no extrator e possuem a função de orientar o vapor para a coroa de palhetas móveis.
- Palhetas móveis – são fixadas no rotor e ao receber o vapor compactado pelas palhetas fixas promovem a movimentação do rotor.
- Rotor - item móvel responsável pela transformação da energia térmica em energia mecânica que, através dos receptores fixos (palhetas, hélices e cubos) o vapor exerce força nas palhetas promovendo o giro.
- Estator – item fixo que envolve o rotor e que é responsável por transformar a energia térmica do vapor em energia mecânica pelos distribuidores

- Diafragma – item com dois semicírculos utilizados para separar os diversos estágios da turbina de multiestágios.
- Mancais de apoio – itens responsáveis por manter a posição radial exata do rotor, geralmente são fixados nos extremos do eixo da turbina.
- Mancais de escora – itens responsáveis por manter o posicionamento axial do conjunto rotativo da máquina.

2.2.2 Motores elétricos

Nascimento Júnior (2011) explica que os motores elétricos transformam energia elétrica em energia mecânica. Os motores trifásicos de indução são os motores utilizados nas indústrias e são divididos em dois tipos: os assíncronos e os síncronos. Os motores assíncronos são os mais usados nas indústrias por serem robustos, de fácil manutenção e por possuírem baixo custo em relação aos demais, além da facilidade de transporte e torque de partida suficiente para executar diversos tipos de trabalho. Os motores síncronos apresentam rotação proporcional de acordo com a frequência da alimentação.

De acordo com Mamede (2020) os principais componentes e suas funções são:

- Caixa de bornes: onde é feita a ligação.
- Estator: é a parte fixa de um motor, onde são localizados os enrolamentos.
- Rotor ou eixo: é a parte removível do motor, ou seja, a parte girante.
- Rolamento: permite a rotação livre do rotor.
- Tampa defletora: possui a finalidade de proteger o ventilador e auxiliar na entrada de ar, facilitando a refrigeração da carcaça do motor.
- Tampa traseira e dianteira: atuam na vedação do motor, onde o rolamento é acoplado.
- Anel V Ring: utilizado para vedação do motor.
- Anel de fixação: para fixar o rolamento.
- Chaveta: para fixação do acoplamento ou polia.
- Corpo: conhecido como carcaça.

2.3 Custos de manutenção

Segundo Engeteles (2017), os custos de manutenção são fluxos de caixa de uma empresa que englobam mão de obra, ferramentas, peças de reposição, depreciação de equipamentos, lucro etc.

A área de manutenção em empresas geralmente é ligada a custos e despesas, porém, atualmente, é a área responsável pelos estudos e ações técnicas de redução e mitigação de custos relacionados à manutenção de depreciação de equipamentos. Empresas de um determinado nicho podem utilizar máquinas e equipamentos semelhantes. Entretanto, cada uma tem sua própria dinâmica interna, uma cultura organizacional, métodos específicos etc. Naturalmente, todas as empresas estão sujeitas a falhas e quebras das próprias máquinas e equipamentos, além de terem de lidar com trocas de peças e ajustes periódicos desses.

Com a base em indicadores de manutenção como MTBF, MTTR, Disponibilidade Industrial e Backlog, empresas do ramo sucroenergético traçam suas metas de custo de manutenção sazonal de safra e custo de manutenção de entressafra. O montante é relacionado à quantidade de matéria prima a ser processada.

2.3.1 Tipos de custo de manutenção

De acordo com Engeteles (2017), realizar o mapeamento de custos de manutenção de uma empresa pode ser um desafio, principalmente quando a empresa não conta com um sistema e/ou método de trabalho desenvolvido para isso. Para facilitar esse processo, o primeiro passo é dividir os custos nas seguintes modalidades:

- Custo direto: é a modalidade que envolve mão de obra, ferramentas, peças de reposição, insumos e serviços.
- Custo indireto: é a modalidade que envolve de gastos que são oriundos da depreciação de equipamentos e do lucro cessante (prejuízo causado pela interrupção de uma atividade).
- Custo induzido: é a modalidade de gastos relacionados a impactos nos processos produtivos ou no caixa da empresa, os quais foram gerados por uma falha no setor de manutenção.

A separação de custo por modalidade facilita a organização dos dados e a gestão relacionada ao custo, pois permite uma visão mais clara da origem de cada um.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi baseado em um estudo de caso que, de acordo com YIN (2001), é uma análise de coleta de dados, podendo ser um caso único ou múltiplo utilizando características quantitativas e/ou qualitativas. O intuito do presente trabalho foi de, por meio da análise de dois equipamentos distintos empregados nos processos de extração e moagem de cana-de-açúcar, intuir, de acordo com o método indutivo (MARCONI e LAKATOS, 2003), que a mesma solução adotada pela empresa, objeto de estudo, possa ser empregado por outras do mesmo segmento.

A Tabela 1 apresenta as diferenças entre as estratégias adotadas para turbina a vapor e para motores elétricos. A Tabela 2 apresenta o custo de manutenção mensurado em relação à quantidade de toneladas de cana-de-açúcar que serão processadas no ano safra pela empresa em estudo.

Tabela 1 – Estratégias de manutenção por equipamento

Tipo de manutenção		Frequência por equipamento	
	Atividade	Turbinas	Motores Elétricos
Corretiva	Não planejada	Não há	Não há
Preventiva	Peritagem	Anual	Anual
	Hibernação	Entressafra	Entressafra
	Plano de lubrificação	Semanal	1300 horas
Preditiva	Análise termográfica	15 dias	15 dias

	Análise de vibração	7 dias	15 dias
	Análise de temperatura sensitiva	7 dias	15 dias
	Análise de óleo	30 dias	Não se aplica

Fonte: Elaborada pelos autores (2020) com fundamento nos dados obtidos durante a pesquisa

Tabela 2 – Custo de Manutenção por tonelada de cana processada

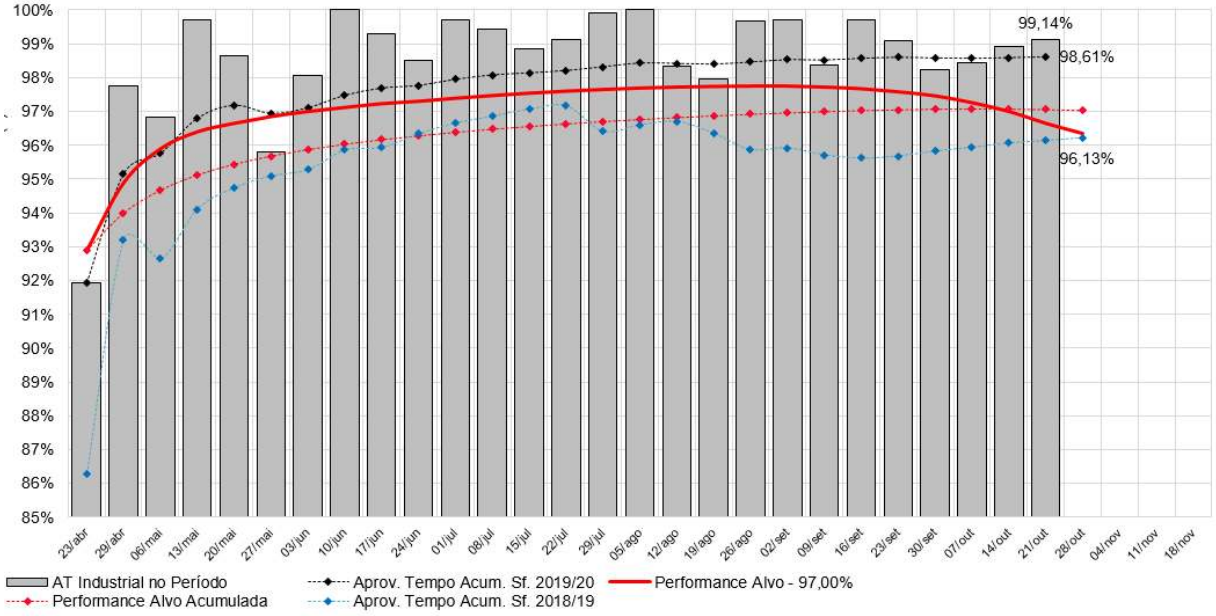
PERIODO	CUSTO	TON DE CANA	R$/TNC
Safra	R$ 14.830.312,16	2.550.000,00	5,82
Entressafra	R$ 7.416.525,36	2.250.000,00	3,30

Fonte: Elaborada pelos autores (2020) com fundamento nos dados obtidos durante a pesquisa

O custo de manutenção está alinhado com a disponibilidade da planta industrial, de modo que, quanto maior a disponibilidade industrial, menor será a taxa de manutenção. Sendo assim, menor será a geração de custos proveniente de trocas de peças, perdas de produção e pela depreciação do ativo devido à alta demanda de intervenções.

Em empresas do ramo sucroenergético, onde são utilizadas turbinas a vapor e motores elétricos, o índice do indicador de disponibilidade industrial varia entre 97,5 a 99,5% para empresas de alto rendimento, conforme demonstrada no gráfico 1:

Gráfico 1 – Tempo de aproveitamento industrial



Fonte: Gestão de manutenção industrial da empresa pesquisada (2019)

O estudo abordou a prática de uma planta industrial na aplicação de turbinas a vapor e motores elétricos, cujo foco da pesquisa foi direcionado aos modos operacional e mantenedor, pertencentes ao processo de moagem. Fez-se um comparativo entre dois tipos de

equipamentos que são utilizados nos processos de extração e moagem de cana-de-açúcar, na função de acionamento de terno de moenda: turbinas a vapor e motores elétricos.

O processo de moagem de cana-de-açúcar usualmente consiste na associação de seis ternos de moenda para efeitos de parâmetros operacionais como, por exemplo, percentuais de extração de sacarose e de umidade do bagaço. É comum observar turbinas a vapor no acionamento de terno de moenda, devido ao consumo de vapor de baixa pressão (21 Kgf/cm²) e por gerar vapor de escape (1,5 Kgf/cm²), que é utilizado no processo de tratamento de caldo.

O acionamento de ternos de moendas por motores elétricos é utilizado com frequência em plantas industriais que contemplam caldeiras geradoras de vapor de alta pressão (da ordem de 67 Kgf/cm²), onde a geração de energia elétrica tem um maior potencial e maior facilidade de manutenção do consumo interno de energia proveniente dos motores elétricos da área de moagem de cana-de-açúcar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção estão apresentados os custos de aquisição e manutenção associados aos equipamentos, de modo a realizar o comparativo entre turbina e motor, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo de Aquisição

CATEGORIA	TURBINA	MOTOR	DIFEENCIAL P/ MOTOR
Aquisição dos equipamentos	3.990.000,00	3.036.258,00	-24%
Instalação mecânica	550.000,00	33.500,00	-94%
Instalação elétrica	250.000,00	600.000,00	140%
Instalação civil	125.000,00	125.000,00	0%
Prestação de serviços caldeiraria	600.000,00	100.000,00	-83%
Prestação de serviços mecânicos	45.000,00	45.000,00	0%
Pintura	43.000,00	15.000,00	-65%
Comissionamento	135.000,00	50.000,00	-63%
Manutenção e conservação	348.000,00	35.000,00	-90%
Custo total	**6.086.000,00**	**4.039.758,00**	**-34%**

Fonte: Elaborada pelos autores (2020) com fundamento nos dados obtidos durante a pesquisa

Após a implantação do projeto de substituição das turbinas a vapor por motores elétricos, foram evidenciados fatores de ganho dentro do processo da planta industrial, onde se obteve aumento do tempo de aproveitamento industrial (TAI), economia do consumo de bagaço e ganho no consumo de vapor dentro do processo.

Tempo de Aproveitamento Industrial (TAI): com a eletrificação dos acionamentos do terno de moenda, evidenciou-se o ganho de tempo de disponibilidade industrial, pois não houve parada de processo referente à ocorrência de falhas, conforme dados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparativo de horas de Paradas de Processo

EQUIPAMENTO	TURBINA - 2018	MOTOR – 2019
Tempo de parada por falha	31h34min	00h00min
Tempo de parada total safra	175h31min	62h20min
Relação tempo de parada	18,0%	0,0%
Tempo de aproveitamento real safra	96,2%	98,6%

Fonte: Gestão de manutenção industrial da empresa pesquisada (2019)

O projeto de substituição de turbinas a vapor por motores elétricos permitiu mapear as vantagens técnicas, como redução do consumo de bagaço, maior injeção de vapor de escape ao processo de produção de açúcar e etanol e o aumento no potencial de cogeração de energia elétrica, pois o consumo de vapor vivo passaria a ser totalmente voltado à geração de energia.

Relação entre consumo de Bagaço / Vapor: para o acionamento do terno de moenda via turbinas a vapor, consumia-se vapor de baixa de pressão (21 Kgf/cm²). A partir da implantação do projeto de substituição das turbinas por motores elétricos houve o acréscimo de consumo de 23 t/h de bagaço, passando de 52 para 75 t/h para alimentação de uma caldeira de alta pressão (67 Kgf/cm²). A caldeira de baixa pressão foi desativada com a instalação dos motores elétricos, porém, houve aumento na geração de energia elétrica e geração de vapor de escape ao processo produtivo, conforme indicado pela tabela 5.

Tabela 5 – Consumo Energético de bagaço x vapor

VARIÁVEL	CALDEIRA BAIXA PRESSÃO	CALDEIRA ALTA PRESSÃO
Consumo bagaço (t/h)	52,0	75,0
Geração de energia (MWh)	0,0	45,0
Geração de vapor vivo (t/h)	100,0	200,0
Geração de vapor escape (t/h)	47,0	100,0

Fonte: Gestão de manutenção industrial da empresa pesquisada (2019)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos resultados obtidos é possível concluir que o investimento na substituição das turbinas a vapor por motores elétricos gerou uma economia de 34% nos custos apresentados pela Tabela 3, além de ter propiciado um aumento na geração de energia elétrica e de vapores de escape ao processo produtivo, que refletiram no aumento do TAI e, consequentemente, na lucratividade energética da empresa.

A partir dos resultados obtidos é possível inferir pela expansão da estratégia adotada pela empresa em estudo para outras do mesmo segmento, espalhadas pela região de Ribeirão Preto (SP). Acredita-se que, ao replicarem a estratégia aqui apontada, as demais empresas poderão perceber algum ganho, seja na lucratividade energética, no TAI e ou nos custos relacionados à manutenção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva:** confiabilidade e qualidade. 2000. Disponível em: http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf. Acesso em: 20 dez. 2019.

ANDRADE, Alan Sulato. **Máquinas térmicas AT-056**. UFPR-CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL, 2007. Disponível em: https://eletricistamazinho.files.wordpress.com/2011/08/turbinas-a-vapor.pdf. Acesso em: 06 mar. 2019.

CDN CAEONLINE**. Aparelho de vibração CMVA60 SKF. 2020.** Disponível em: https://cdn.caeonline.com/images/skf_cmva60_662535.JPG. Acesso em: 05 jun. 2020.

EMPRESA SUCROALCOOLEIRA NA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO/SP. **Relatório técnico gestão manutenção industrial**. 2020.

ENGETELES. **Introdução a gestão de custos de manutenção**. 2017. Disponível em: https://engeteles.com.br/gestao-de-custos-de-manutencao-parte1/. Acesso em: 20 mar. 2020.

FREITAS, Menildo Jesus; REZENDE, Nourival de Souza**.** Custos de manutenção: competência e racionalidade na gestão de recursos objetivando maior**. Anais**, 2005. Disponível em: anaiscbc.emnuvens.com.br. Acesso em: 29 mar. 2020.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

LEONE EQUIPAMENTOS. **Termômetro Infra Mira Laser**, Disponível em: https://www.leone.equipamentos.com.br/produto/1857364/termometro-digital-mira-laser-infravermelho-tir-5000. Acesso em: 05 jun. 2020.

MACINTYRE, Archibald Joseph**. Equipamentos Industriais e de Processos** / Archibald Joseph Macintyre [Reimpr] Rio de Janeiro LTC, 2016.

MAMEDE, João Filho. **Instalações Elétricas Industriais**. 7.ed. Disponível em: http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM249/Instalacoes%20El%E9tricas%20Industriais-Jo%E3o%20Mamede%20Filho%207%AA%20Edi%E7%E3o/6.Motores%20eletricos.pdf. Acesso em: 04 jun. 2020.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

NAPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Blucher, 1989.

NASCIMENTO JUNIOR, Geraldo Carvalho do. **Máquinas Elétricas:** teoria e ensaios. 4. ed. São Paulo: Érica, 2011.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção:** teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2011.

PETRUZZELA, Frank D. **Motores elétricos e acionamentos [recurso eletrônico].** 1. ed. Porto Alegre: AMGH Ltda, 2013.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Câmera termográfica Flir E40**. 2020. Disponível em: www.solucoesindustriais.com.br/lista/imagens/termovisor/termovisor-01.jpg. Acesso em: 05 jun. 2020.

SHIGUNOV Neto Alexandre. **Terceirização em serviços de manutenção industrial.** 1. ed. Rio de Janeiro: Inter-ciência, 2014.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. ed.-Porto Alegre:Bookman, 2001.