



A IMPORTÂNCIA E A IMPLEMENTAÇÃO DOS ÍNDICES E INDICADORES DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Lucas Lauriano da Silva¹, Alana da Silva Magalhães¹, Junio Santos Bulhões²

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG

²Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT

Resumo A gestão da manutenção industrial é uma função estratégica dentro das empresas. A gestão requer índices e indicadores chaves que irão auxiliar a gestão na tomada de decisões. Este trabalho pretende implantar e analisar os índices e indicadores de manutenção com foco em equipamentos elétricos em uma empresa de saneamento. A metodologia consiste na: i) seleção dos índices e indicadores; ii) na coleta de dados e iii) no cálculo e análise dos índices e indicadores da manutenção. Dentre os índices e indicadores calculados, o Backlog mensal e o Cumprimento de Programação apresentaram valores médios de 1,51 semanas e 98%, respectivamente. A disponibilidade em conjuntos de equipamentos elétricos, foi obtido um valor médio de 99,35%. Já o custo de manutenção relativo ao custo total de manutenção e ao faturamento, apresentou valores médios de 2,26% e 0,47%, respectivamente. A eficiência energética, a unidade Frei Galvão apresentou um consumo específico normalizado médio de 0,36 kWh/m³ e desvio padrão de 0,04 kWh/m³ e a unidade água bruta de 0,25 kWh/m³ e desvio padrão de 0,08 kWh/m³. Os indicadores relacionados ao planejamento refletem uma necessidade de melhoria gerencial e organizacional. A eficiência energética das unidades avaliadas apresentaram um valor considerado bom.

Palavras-Chave - Gestão da manutenção. Equipamentos elétricos. Indicadores e índices da manutenção. Planejamento e controle da manutenção. Qualidade industrial.

THE IMPORTANCE AND IMPLEMENTATION OF INDICES AND INDICATORS OF MAINTENANCE MANAGEMENT IN ELECTRICAL EQUIPMENT

Abstract - The management of industrial maintenance is a strategic function of companies. Management requires key indices and indicators that will help in decision making. This work intends to implement and analyze maintenance indices and indicators with focus on electrical equipment in a sanitation company. The methodology consists of: i) selection of indices and indicators; ii) in data collection and iii) calculation and analysis of maintenance indices and indicators. Among the indices and indicators calculated, the Monthly

Backlog and Schedule Fulfillment presented average values of 1.51 weeks and 98%, respectively. Availability in sets of electrical equipment, an average value of 99.35% was obtained. The maintenance cost related to the total cost of maintenance and billing, presented average values of 2.26% and 0.47%, respectively. For energy efficiency, Frei Galvão unit presented an average specific normalized consumption of 0.36 kWh/m³ and standard deviation of 0.04 kWh/m³ and the raw water unit of 0.25 kWh/m³ standard deviation of 0.08 kWh/m³. Indicators related to planning reflect a need for managerial and organizational improvement. The energy efficiency of the evaluated units presented values considered good.

Keywords - Electrical equipment. Industrial quality. Maintenance indicators and indices. Maintenance management. Maintenance planning and control.

I. INTRODUÇÃO

A manutenção industrial está em constante evolução. Não só em termos de técnicas de manutenção mas também na sua gestão. A manutenção evolui de maneira exponencial nos últimos 50 anos, com forte interação de técnicas e estratégias utilizadas [1].

Para estabelecer uma boa medida de desempenho relacionada a manutenção de equipamentos é necessária uma boa base de indicadores para avaliar as medidas e métodos adotados. Muitos destes indicadores podem não refletir o desempenho da manutenção, sendo, então, ineficientes na análise desejada do desempenho e da gestão [1].

Existe grande dificuldade dos gestores de manutenção em definir as principais ferramentas que serão utilizadas para fazer a avaliação de desempenho em geral, seja os relacionados à desempenho de manutenção ou de máquinas industriais. A seleção de indicadores é essencial para o gestor em termos de melhorias e visão da empresa [8].

Dentro do contexto apresentado, o objetivo principal deste trabalho é analisar e implantar índices e indicadores voltados para a gestão da manutenção de equipamentos elétricos, em uma indústria de saneamento. O trabalho pretende avaliar de forma direta os índices e estabelecer sua relevância em equipamentos elétricos. O controle da manutenção tem intuito de evitar os desperdícios, retrabalhos, bom desempenho dos equipamentos e, de forma geral, o custo em

manutenção, mantendo um nível de excelência mundial. Assim será possível para a gestão da manutenção estabelecer critérios de ação, definir estratégias e comparar metas.

II. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

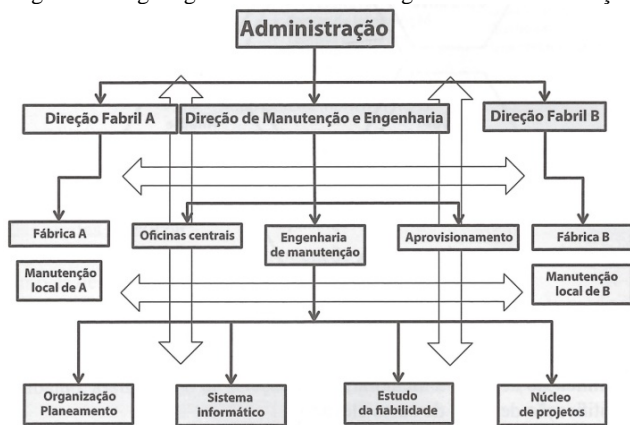
A técnica de manutenção incorpora os procedimentos de manutenção com base em fatores físicos e científicos do equipamento e o acompanhamento de variáveis intrínsecas do sistema. Sendo assim, é fundamental o entendimento e integração dos conceitos e definições atribuídos à manutenção industrial [18].

A manutenção corretiva é uma intervenção direta no equipamento por conta de uma falha ou desempenho reduzido [11]. A manutenção corretiva não planejada é aquela que ocorre em caráter emergencial e que não acontece de forma prevista, podendo ainda ser catastrófica para o sistema [15]. A manutenção corretiva planejada ocorre dentro de um cronograma, geralmente em um momento de menos impacto na produção da fábrica [7].

A manutenção preventiva é aquela que ocorre em tempos definidos ou com base em outros critérios de acompanhamento [2]. A análise preditiva está relacionado com a previsão de um evento. A manutenção preditiva é baseada no acompanhamento de parâmetros do equipamento com valores e patamares de rendimento definidos [11].

A engenharia de manutenção visa estabelecer atividades que tem como objetivo aumentar a confiabilidade e garantir a disponibilidade do equipamento ou sistema [13]. A Figura 1 mostra um organograma comum na indústria relacionando os níveis hierárquicos e a estrutura da engenharia de manutenção.

Figura 1 - Organograma com setor de engenharia de manutenção.



Fonte: Amaral (2016).

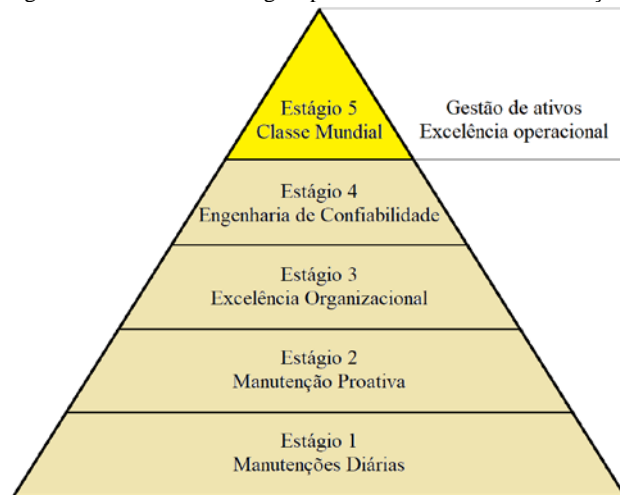
Pela Figura 1 é possível observar que existe um envolvimento global do sistema. As setas bidirecionais representam os setores se comunicando entre si. Neste organograma a manutenção tem um papel de destaque, principalmente pelo conhecimento técnico dos equipamentos mas também do processo.

A. Gestão da Manutenção Industrial

A manutenção tem um papel fundamental nas empresas, podendo citar: projetos, melhorias, comissionamentos e a direção tem uma visão estratégica relacionada a manutenção [11].

Um modo de gestão que ganhou destaque a partir da década de 2000 foi a de gestão de ativos. O foco inicial da gestão de ativos era a financeira e que posteriormente foi aplicada as diversas vertentes da empresa com objetivo de maior retorno dos ativos [12] [14]. A Figura 2 mostra as etapas para se atingir um nível considerado de classe mundial na manutenção.

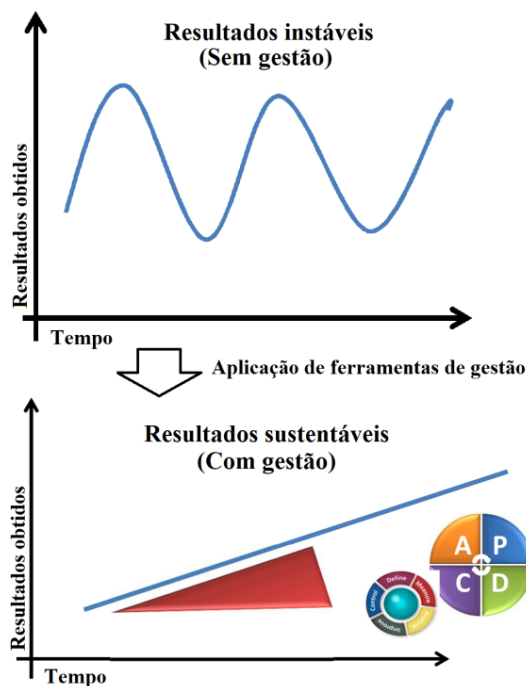
Figura 2 - Pirâmide de estágios para a excelência na manutenção.



Fonte: Adaptado de Abraman (2017).

Grande parte da evolução da manutenção é atribuída a união de conhecimentos técnicos de engenharia e de administração, relativos a gestão, fazendo uso das mais diversas ferramentas de melhoria. Deve-se estabelecer a relação devida das técnicas de gestão com a produção, equipamentos e definições da empresa [16]. A Figura 3 mostra a tendência de resultados obtidos de forma sustentável e não sustentável.

Figura 3 - Comparação dos resultados não sustentáveis com os Sustentáveis.



Pelo Figura 3 é possível perceber que os resultados instáveis, considerados não sustentáveis, geralmente são fruto de um sistema sem gestão, com pouco controle sobre metas e resultados, agindo pelo imediatismo. Já os resultados sustentáveis, que estão ligados a um sistema de gestão eficiente e ferramentas de qualidade, possuem um controle de metas previsível e progressivo, que é um foco da gestão de ativos.

Ferramentas essenciais de avaliação de desempenho são os índices e indicadores, que possuem particularidades individuais. Ocorre certa confusão com relação aos dois termos nas bibliografias, muitas vezes atribuindo que índices são formados a partir de indicadores e vice-versa. Contudo, é definido que indicadores têm função de indicar algo, e geralmente é baseado em dados estatísticos e numéricos de controle de algum processo. Índices são descritos como uma relação entre valores de interesse, estabelecendo comparação direta entre grandezas e parâmetros de interesse [8].

Os indicadores ainda podem ser subdivididos de maneira específica, com base em sua representação. São Classificados como indicadores de: capacitação da manutenção; desempenho de máquina; desempenho de mão de obra; gerência de matérias [8]. A Tabela I mostra os principais indicadores utilizados pelas indústrias no Brasil.

Tabela I - Principais índices e indicadores de desempenho.

Tipo \ Ano	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013
Custo	26,3	25,9	21,5	22,0	20,3	19,0	21,6	22,1
Frequência de Falhas	14,2	16,2	11,7	12,2	9,8	9,8	10,5	18,2
Satisfação do cliente	11,8	11,9	8,6	8,1	8,9	9,4	6,4	12,2
Disponibilidade operacional	22,6	23,2	19,6	19,8	18,5	20,7	20,7	12,6
Retrabalho	8,4	9,0	6,1	6,7	4,0	5,3	4,7	11,7
Backlog	9,0	10,4	9,3	6,9	11,6	10,0	9,9	5,6
Não utilizam	2,8	1,2	1,6	0,7	0,3	1,1	0,8	4,1
TMEF	-	-	11,9	11,7	14,2	12,8	13,4	12,6
TMPR	-	-	9,6	11,5	11,7	11,9	12,1	1,1
Outros	5,0	2,2	0,2	0,5	0,7	0,0	0,0	0,0

Fonte: Abramam (2013).

Pela Tabela I é possível perceber que os indicadores de mais utilizados são os de custo. Em seguida, os relativos a frequência de falha. Com valores similares estão: Disponibilidade, satisfação do cliente e tempo médio entre falhas (TMEF).

Uma avaliação da quantidade de serviços de manutenção existentes e de planejamento de serviços e equipes podem ser verificadas com indicadores o *Backlog* e o Cumprimento da Programação (CP) [17]. O *Backlog*, em termos de homem hora (H.H.), é dado pela Equação 1:

$$Backlog = \frac{Total\ de\ H.H.\ necessários}{Total\ de\ H.H.\ disponíveis} \quad (1)$$

O BackLog descreve quantos homens hora ou quantos dias, para aquela determinada força de trabalho, serão necessários para executar todos os serviços solicitados. Pode ser calculado como somatório total de serviços em algum período ou para a realização de uma atividade específica. Neste último caso, o Backlog representa uma porcentagem.

Um valor de Backlog alto, pode indicar que a equipe de manutenção está subdimensionada, ou estar sendo mal planejada e aproveitada. Quando o valor de Backlog for baixo, pode mostra que sua equipe está sendo bem planejada, superdimensionada ou então problemas em registro de demandas [17].

O cumprimento da Programação é a relação entre serviços planejados e serviços executados, conforme Equação 2:

$$CP = \frac{H.H.\ Serviços\ planejados}{H.H.\ Serviços\ executados} \cdot 100\% \quad (2)$$

Além de medir como está o planejamento, indica, mesmo que indiretamente, a confiabilidade da instalação. O objetivo é que o cumprimento da programação seja de 100% [17].

Dentre os indicadores relacionados com a eficiência energética, destaca-se aqueles que relacionam o custo de energia elétrica para produzir certa quantidade de produto. Em termos de saneamento, o produto básico é o tratamento de água. Sendo assim, como forma de mensurar a quantidade de produção, o parâmetro utilizado é a vazão, em termos instantâneos, e o volume, em termos totais. Com intuito de compara unidades e estações de bombeamento diferentes, é necessário considerar os equipamentos instalados e a necessidade de pressão introduzida no sistema de elevação de água. Utiliza-se a altura manométrica do sistema de bombeamento como referência para indicador de eficiência energética de instalações elevatórias, chamado de consumo específico normalizado (CEN), conforme Equação 3[5]:

$$CEN = \frac{Consumo\ de\ energia\ elétrica\ (kwh)}{Volume\ total\ consumido \cdot \left(\frac{H}{100}\right)} \quad (3)$$

Em que:

Volume total consumido é dado em m³;

H é a altura manométrica do sistema, dada em m.

B. Manutenção de Equipamentos Elétricos

A manutenção industrial trabalha de forma a garantir que os equipamentos funcionem de forma contínua e eficiente. E para isto é necessário, além das habilidades de gestão, conhecimento dos equipamentos e conjuntos eletromecânicos existentes na planta industrial.

Subestação como um conjunto de equipamentos elétricos, mecânicos e eletrônicos destinados a manobra e modificação da tensão e corrente [6].

Todo pessoal deve estar habilitado, capacitado e autorizado para realizar procedimentos de operação e manutenção nas subestações [4]. A manutenção de subestações é definida com base nos equipamentos que a compõem. Subestações simples com apenas um transformador montado em poste terá a rotina de manutenção específica do transformador. Neste caso, o recomendado é a inspeção visual do sistema e a termografia [6].

Transformadores são máquinas que utilizam a indução eletromagnética para a transferência da energia elétrica de um circuito de entrada, chamado de primário, para outros circuitos, podendo ser simultaneamente para secundário e terciário ou apenas um deles [3].

Em termos de manutenção, recomenda alguns procedimentos para transformadores a óleo: i) inspeções periódicas e visual de equipe de manutenção e/ou operação que relatem leitura de instrumentos como pressão de óleo,

saturação de sílica devido a umidade, nível de óleo e outros parâmetros específicos do transformador; ii) Análise termográfica em conexões elétricas e carcaça do transformador e iii) análise de óleo isolante abrangendo os parâmetros físico-químicos e de cromatografia que identificam contaminação do óleo e presença de gases nocivos, respectivamente [9].

Dentre os equipamentos de grande importância na indústria, destaca-se os motores elétricos. Sua aplicação é extensa, e muitos dos processos do sistema produtivo em uma indústria dependem de motores elétricos. Existem diversos tipos de motores com diversas aplicações, mas o princípio é o mesmo: transformar energia elétrica em energia mecânica [19].

A inspeção preditiva básica para motores elétricos são a inspeção visual geral, para detectar anomalias, lubrificação de mancais, verificação de ruídos anormais no equipamento, verificação de parâmetros elétricos do motor como tensão e corrente, inspeção do sistema de refrigeração e defletora de ar, limpeza do ambiente externo ou casa de máquinas e verificação do aterramento. Uma análise preditiva mais complexa pode ser adotada, com monitoramento de temperatura em diversos pontos do motor, como internamente, na carcaça, nos mancais e nos cabos, e também o monitoramento de vibração [20].

Para as manutenções preventivas em motores elétricos, as principais recomendações são: i) a limpeza e reaperto de cabos da caixa de ligação; ii) limpeza externa do motor; iii) troca de rolamentos iv) verificação da base do motor e v) alinhamento com o conjunto acionado. Ensaio também podem ser realizados, com objetivo preventivo ou para detectar algum problema já existente. Um ensaio comum é o de resistência de isolamento e o de verificação de problemas no enrolamento do equipamento. Parâmetros importantes como índices de polarização, absorção e envelhecimento do motor são obtidos [10].

Nas proteções e quadros elétricos dos motores, a manutenção básica recomendada é a detectiva, visando verificar a condição das proteções do motor, a preditiva, com monitoramento de parâmetros elétricos do equipamento e de temperatura e a preventiva, efetuando a limpeza e reaperto de conexões elétricas [10].

III. METODOLOGIA

A empresa de saneamento analisada é localizada em Goiás e é uma sociedade de economia mista. O setor da empresa que será alvo de estudo é o de manutenção de campo. Em termos de organograma local, este setor é ligado diretamente à produção da empresa. Cada um com sua gerência e supervisões. O produto básico da empresa é água tratada e tratamento de esgoto.

Os dados foram coletados entre o período do primeiro semestre de 2020 e o primeiro semestre de 2021. A delimitação do trabalho será nas manutenções em equipamentos elétricos do sistema produtor João Leite / Mauro Borges, que é responsável pelo abastecimento de água tratada da região de Goiânia, principalmente a região leste.

O sistema produtor de água tratada da empresa é, basicamente, constituído por: i) Sistema de captação de água

bruta; ii) Estação de tratamento de água; iii) Estações elevatórias de água e iv) Reservatórios de água tratada.

Todas as unidades citadas possuem equipamentos elétricos como: i) Subestação; ii) Transformadores; iii) Equipamentos de instrumentação e leitura; iv) Motores e v) Quadro elétricos com proteção, monitoramento, automação e acionamento de equipamentos. Existem também as unidade apenas com reservatórios e instrumentos de leitura de parâmetros como nível de água do reservatório.

Antes de iniciar a coleta de dados é necessário a verificação das informações disponíveis existentes e as necessidades de modificação da Ordem de Serviço (OS) para coleta de outros dados específicos. A OS existente foi adaptada, acrescentando um maior detalhamento dos tempos de serviço, fazendo a separação entre tempo de preparo, tempo de deslocamento e tempo de execução do serviço de manutenção.

Com relação as rotinas de manutenções, as demandas corretivas são solicitadas pelo setor de produção à manutenção. Existem também as manutenções preventivas e preditivas programadas. Em ambos os casos, existe uma OS, que é aberta para uma necessidade de manutenção para determinada unidade e equipamento.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados nas manutenções acompanhadas foram obtidos principalmente das OS's dos serviços. Dentre os serviços de manutenção de responsabilidade do setor de manutenção, foram selecionados alguns serviços principais. A Tabela II mostra os serviços comuns realizados em equipamentos elétricos, a força de trabalho demandada e o tempo necessário para realização de cada atividade de manutenção.

Tabela II - Pessoal necessário e tempo de manutenção.

Intervenção	Total	Tempo (horas)	Intervenção	Total	Tempo (horas)
Substituição de rolamentos	3	3,5	Inspeção visual	2	0,2
Lubrificação	2	0,5	Substituição de eixo por quebra grande	5	4
Retirada para manutenção externa	5	4	Substituição de motor grande	6	6
Limpeza de conectores	2	1	Substituição de cabos acima 10m	6	6
Limpeza Geral	4	3	Substituição de proteção elétrica	2	0,2
Substituição de Vedação	2	1	Substituição de acoplamento curto	2	0,5
Medição de Temperatura	2	0,2	Limpeza interna de mancais pequenos	2	1
Medição de Vibração	2	0,2	Reaperto de conectores quadro	2	0,7
Medição de Ruído	2	0,2	Substituição de acionamento elétrico	2	0,2
Troca de eixo por quebra	2	2	Substituição de acoplamento longo	4	0,8
Substituição de motor pequeno	3	1	Limpeza interna de mancais grandes	2	2
Substituição de cabos abaixo 10 m	4	3	Reaperto de conectores do motor	2	0,5

A Tabela II representa uma estimativa e foi elaborada com base nos serviços já realizados, e em levantamento teórico do tempo e quantidade de pessoas para cada serviço.

A seguir, na Figura 4, é mostrado um inversor de frequência de grande porte, que é utilizado para acionamento de um motor na unidade EEAB.

Figura 4 - Inversor de frequência para acionamento de motor na unidade EEAB.



O inversor mostrado na Figura 4 apresentava problemas de perdas de energia excessivas entre a entrada e saída. Foi realizado a limpeza geral dos componentes, testes nos componentes de leitura e medições de parâmetros elétricos das células que compõe o inversor, estando todas em bom estado. A principal causa das perdas de energia excessivas neste caso é causado pela sala elétrica, que deveria ter um melhor controle de umidade e sujeira do ambiente

A Figura 5 mostra uma inspeção no transformador que apresentava um vazamento de óleo isolante na sua parte inferior.

Figura 5 – Inspeção de vazamento de óleo do Transformador.



Conforme fica evidenciado pela Figura 5, a brita possui manchas características do óleo que vazou do transformado, ajudando na detecção do problema. Após verificado os pontos de vazamento, foi realizado o planejamento para parada do transformador e a efetuação dos reparos nos pontos com vazamento.

Com relação aos tipos de manutenção, a Tabela III mostra a média mensal dos tipos de manutenção realizadas em

termos de horas efetivas e quantidade de atividades realizadas no período de Março 2020 até Fevereiro de 2021.

Tabela III - Média mensal dos Tipos de manutenção.

Tipo de manutenção	Horas Efetivas	Atividades
Preventiva	47,5	18
Preditiva	1,2	6
Corretiva Não Planejada	74,4	19
Corretiva Planejada	26,5	13

A Tabela III reflete o total de horas gastas e a quantidade de manutenções realizadas com cada tipo de manutenção. Com relação ao cálculo dos índices, pode ser visto, na Tabela IV, os valores de cálculo no período de análise.

Tabela IV – Valores para os índices e indicadores calculados.

Índices e Indicadores	Valor Médio	Desvio Padrão
Backlog (Semanas)	1,51	0,18
CP	98,00%	0,04 %
Disponibilidade (média dos conjuntos)	99,30%	0,15 %
Custo da Manutenção industrial pela manutenção total	2,26%	0,49%
Custo da Manutenção industrial pelo faturamento	0,47%	0,09%
CEN EAT Frei Galvão (kWh/m³)	0,36	0,04
CEN EEAB (kWh/m³)	0,25	0,08

O valor de 1,51 para o Backlog, visto na Tabela IV, mostra uma tendência a pouco planejamento inicial e ao aparecimento de muitas ordens de serviço ao longo do mês.

Com relação a disponibilidade, para todos os conjuntos analisados durante o período de estudo, o valor médio ficou acima de 99%, o que mostra um alto valor para o indicador, sendo geralmente o esperado para conjuntos de bombeamento.

Para o custo de manutenção industrial em relação à manutenção total e ao faturamento, o valor apresentado é de 2,26% e 0,47%, respectivamente, o que mostra que o custo de manutenção industrial na empresa é baixo em relação ao custo das outras manutenções realizadas ou ao faturamento da empresa.

Pela Tabela IV ainda é possível visualizar o indicador de CEN para as unidades EAT Frei Galvão e EEAB com valores médios de 0,36 kWh/m³ e 0,25 kWh/m³, respectivamente. Ambos os valores estão na faixa de boa eficiência energética. O baixo valor do CEN para a unidade EEAB é devido principalmente a esta unidade contar com turbinas de bombeamento, turbina geradora de energia elétrica e geradores a diesel.

V. CONCLUSÕES

A utilização dos índices e indicadores como ferramenta para o controle das diversas áreas da gestão da manutenção e

ainda para a análise de sistemas e equipamentos elétricos se mostrou bem eficaz e abrangente.

Para os fatores de planejamento, tendo como principalmente referência os indicadores de Backlog e CP, conclui-se que o setor de manutenção de estudo precisa de um melhor planejamento a médio e longo prazo e uma melhor coordenação com o setor de operação / produção.

Os sistemas elétricos críticos, apresentaram uma disponibilidade elevada, o que é necessário devido a natureza crucial destes conjuntos no sistema produtivo. O que pode ser observado com relação a disponibilidade é o momento em que os conjuntos ficaram indisponíveis, sendo que em muitos casos ocorreu em momentos não planejados.

Com relação aos índices de custo relativos ao setor de manutenção industrial, conclui-se que ocorreu uma tendência oscilatória, apresentando valores um pouco mais alto nos primeiros seis meses do estudo, e uma leve redução nos últimos seis meses, mas não é possível estabelecer uma relação direta com a implantação dos índices e indicadores.

A eficiência energética nas unidades ETA-MB, EAT Frei Galvão e EEAB, tendo como base o indicador CEN, apresentou bons valores. Este fato é devido ao uso de tecnologias renováveis e próprias de geração, a serem unidades relativamente novas e a projetos que visam a otimização energética na produção.

REFERÊNCIAS

- [1] AMARAL, Fernando Dias. Gestão da Manutenção na Indústria. 1ª ed. Lisboa: Editora Lidel, 2016.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- [3] BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luís. Geração, Transmissão, Distribuição e Consumo de Energia Elétrica. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2019.
- [4] BRASIL, Ministério do Trabalho e do Emprego. NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília, alteração de 2019. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf>. Acesso em Julho de 2020.
- [5] CHAVES, Roberto Cesar Pessoa. Eficiência energética no saneamento: Estudo de caso da Estação Elevatória de Água Bruta de Joviânia. Trabalho de conclusão de curso Especialização. IPOG Pós-Graduação e Graduação. Goiânia, 2020.
- [6] DINIZ, Alberto Washington; Souza, Donizetti Aparecido de. Cabine primária: Operação e manutenção de subestações. Editora SENAI-SP. 1ª ed. São Paulo, 2019.
- [7] FILHO, Gil Branco. A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008..
- [8] FILHO, Gil Branco. Indicadores e Índices de Manutenção. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2016.
- [9] HALTEN. Manual de Instalação e Manutenção Para Transformadores A Óleo. Rio de Janeiro: 2011.
- [10] HAND, Augie. Motores Elétricos: Manutenção e Solução de Problemas. Editora Bookman. 2ª ed. Porto Alegre, 2015..
- [11] KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção – Função Estratégica. 5ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2019.
- [12] KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. ESMERALDO, João. LAFRAIA, João R.. Gestão de Ativos. 1ª ed. Rio de Janeiro: Quality-mark Editora, 2014.
- [13] MACHADO, Walter Vieira; OTANI, Mario. A Proposta De Desenvolvimento De Gestão Da Manutenção Industrial Na Busca Da Excelência Ou Classe Mundial. Revista Gestão Industrial. Ponta Grossa – PR. v.V. 4, p.p. 1-16, 2008.
- [14] MORTELARI, Denis; SIQUEIRA, Kleber; PIZZATI, Nei. 3ª ed. O RCM na Quarta Geração da Manutenção: A Moderna Gestão de Ativos. São Paulo: RG Editores, 2019.
- [15] PEREIRA, Mário Jorge. Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2019.
- [16] RAPOSO, Cristiane de Fátima Cavalcante. Overall Equipment Effectiveness: Aplicação em uma Empresa do Setor de Bebidas do Pólo Industrial de Manaus. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v.11, n. 3, p. 648-667, jul./set., 2011.
- [17] TELES, Jhonata. Guia Prático Para Implantação Indicadores De Manutenção. ENGETELES – Engenharia de Manutenção LTDA. Brasília-DF, 2016.
- [18] TELES, Jhonata. Planejamento e Controle de Manutenção Descomplicado. 2ª ed. Brasília: Engeteles editora, 2019.
- [19] UMANS, Stephen D.. Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley. 7ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- [20] WEG. Manual de Instalação e Manutenção de motores elétricos de indução. 2012. Disponível em: <<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/search/downloadcenter>>. Acesso em Julho de 2022