

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Guilherme Marques
Graduando em Automação industrial Fatec Bauru
guilherme.marques20@fatec.sp.gov.br

Guilherme Cardoso Bela
Graduando em Automação industrial pela Fatec Bauru
guilherme.bela@fatec.sp.org.br

Orientador: José Rodrigo de Oliveira(a)
Mestre em Engenharia Elétrica - Automação, docente na Fatec Bauru
jose.oliveira45@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O presente trabalho retrata a elaboração e execução de um plano de manutenção preventiva para o laboratório de eficiência energética da FATEC Bauru. Visando a necessidade de um documento que estabeleça padrões, e prazos, para os equipamentos por meio de atividades prescritas, foi elaborada uma profunda pesquisa sobre o tema manutenção, a qual se define como a ação de manter, sustentar, consertar ou preservar algo ou alguma coisa. O estudo abordou as bancadas didáticas de iluminação, compressão e refrigeração com foco na identificação de irregularidades e melhorias. Para isso foram feitas inspeções detalhadas em dispositivos críticos como motores, compressores, válvulas solenóides, lâmpadas, painéis elétricos, dispositivos e sistemas de medição e afins, além da limpeza e ajustes conforme necessário. As estações de simulação foram projetadas com o intuito de simular condições práticas de operação e falhas regulares em sistemas industriais, possibilitando assim, estudos práticos sobre eficiência energética. Os resultados evidenciaram melhorias na segurança, funcionalidade e eficiência dos equipamentos, além de promoverem a integração de práticas de manutenção preventiva no aprendizado dos estudantes. Com este projeto pode-se concluir que o mesmo contribui para a formação de profissionais capacitados e para a conservação dos recursos da instituição, garantindo a funcionalidade correta do laboratório.

Palavras-chaves: Manutenção preventiva; Eficiência energética; Bancadas didáticas; Segurança; Conservação; Formação profissional; Laboratório educacional; Equipamentos; FATEC Bauru; Inspeções detalhadas.

1 INTRODUÇÃO

Se entende por manutenção o ato de manter, sustentar, consertar ou conservar alguma coisa. Esta é dada por um conjunto de ações que resultam no bom e correto funcionamento de algo. Atualmente é crucial possuir um plano de manutenção preventiva para suas oficinas e laboratórios, especialmente entre empresas e instituições de ensino, pois sem elas podem aparecer falhas, paradas não programadas, lucro cessante, degradação das ferramentas entre outros.

Assim foi analisado que o laboratório de eficiência energética, da instituição de ensino FATEC de Bauru, havia uma possibilidade de melhoria neste contexto. Mesmo com o bom funcionamento dos laboratórios não havia planos de manutenção para os equipamentos e bancadas, o que poderia ser prejudicial para o aprendizado dos alunos, além do iminente prejuízo para a instituição.

A importância de um documento como esse se destaca pela carência de funcionários na unidade de Bauru da Fatec. Atualmente, o professor é o único responsável por elaborar e aplicar as aulas na prática. Portanto, com um plano de manutenção, seria viável realizar aulas sobre manutenção preventiva, preparando melhor os estudantes para o dia a dia nas empresas.

Ademais, a criação de tal plano contribuiria significativamente para a otimização dos recursos disponíveis e a longevidade dos equipamentos utilizados no laboratório. Isso não apenas assegura a continuidade das atividades acadêmicas, mas também proporciona um ambiente de aprendizado mais seguro e eficiente, estimulando a responsabilidade e a proatividade dos alunos em relação à conservação dos recursos.

Portanto com a análise desses pontos pode-se concluir que a implementação de uma documentação atualizada e detalhada por meio plano de manutenção preventiva seria crucial para garantir a harmonia nos laboratórios.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Gestão da Manutenção

O princípio da manutenção pode ser entendido como o ato de manter, sustentar, conservar ou consertar determinado equipamento. A falta de cumprimento dessas ações pode levar a falhas não programadas no maquinário, resultando em prejuízos financeiros devido à interrupção das operações. Segundo Silva (2015), com os avanços tecnológicos atuais, uma empresa que não garante o bom funcionamento de seus equipamentos corre o risco de “estacionar” no mercado, já que falhas inesperadas e tempos ociosos se tornam recorrentes, afetando diretamente sua competitividade.

Ele argumenta que o grande aumento de qualidade de produtos se conecta diretamente com a qualidade dos equipamentos dentro do processo, pois quanto mais equipamentos com qualidade e operadores qualificados melhores são os resultados da produção. Portanto isso para o cliente final é de extrema importância de forma indireta, pois quanto melhor a qualidade do produto menos chance o cliente tem de migrar para a concorrência.

Segundo Rodrigues (2010), os requisitos essenciais para a manutenção abordam de forma adequada a gestão e a implementação de intervenções, promovendo a melhoria contínua dos equipamentos, com o objetivo de maximizar sua

vida útil e reduzir falhas operacionais, prevenindo interrupções indesejadas, como aquelas que podem ocorrer em um laboratório de eficiência energética.

O planejamento e a programação das atividades na gestão da manutenção são cruciais, pois permitem que as atividades programadas sejam realizadas sem interrupções externas. Isso inclui cronogramas baseados no histórico de manutenção do equipamento e inspeções eventuais para detectar erros e falhas do equipamento. Portanto, a necessidade de manutenção programada pode reduzir o tempo de inatividade não planejado dos ativos do laboratório, aumentando assim a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos para os alunos da instituição.

2.2 Criação do plano de manutenção preventivo

Com base em (Viana, 2006), o principal objetivo do plano de manutenção é manter os equipamentos em ótimas condições de operação, prevenindo paradas ou perdas inesperadas durante a produção ou aulas. Esse plano inclui uma série de inspeções, sejam elas visuais ou por análise de ruídos, além de ajustes, lubrificação e substituição de componentes.

Os componentes do plano de manutenção são:

- A. Grupo de máquina: separar por família cada equipamento;
- B. Classificação de criticidade: avaliação da criticidade operacional do equipamento;
- C. Cronograma: ter controle sobre o tempo de cada manutenção;
- D. Ferramentas: campo para descrever as ferramentas utilizadas.

2.3 Técnicas de manutenção

A manutenção é o principal aspecto quando se diz a respeito da longevidade e eficiência de equipamentos e sistemas em quaisquer setores, desde a indústria até mesmo serviços de infraestrutura. A importância da manutenção se baseia na capacidade de garantir um funcionamento de forma contínua, segura e eficiente dos ativos, evitando falhas inesperadas que possam resultar em paradas na produção, altos custos de reparos além dos riscos à segurança dos trabalhadores e ao meio ambiente. A implementação de técnicas de manutenção adequadas pode melhorar a confiabilidade e a durabilidade dos equipamentos, além da otimização do custo operacional. Dentre essas técnicas destacam-se a manutenção preventiva, preditiva, corretiva, prescritiva e a terotecnologia.

2.4 Preventiva

A manutenção preventiva é uma das principais técnicas utilizadas, pois se baseia na realização de intervenções programadas para evitar falhas e garantir que o equipamento permaneça em bom estado de funcionamento. De acordo com Rodrigues (2010), essa prática envolve inspeções periódicas, substituição de peças e ajustes, seguindo um cronograma estabelecido com base na vida útil dos componentes e nas orientações dos fabricantes.

2.5. Preditiva

A manutenção preditiva utiliza ferramentas de monitoramento e análise de dados para prever falhas antes que elas ocorram. Diagnósticos são realizados em

tempo real para avaliar o desempenho dos equipamentos, permitindo identificar padrões que sinalizam desgaste ou defeitos iminentes. Segundo Silva (2015), essa técnica contribui para a redução de paradas não planejadas e para a otimização do momento das intervenções.

2.6. Corretiva

A manutenção corretiva é a técnica tradicional que consiste em reparar equipamentos somente após a ocorrência de uma falha. Essa abordagem pode gerar custos mais elevados e interrupções prolongadas, especialmente quando comparada com as técnicas preventivas e preditivas. Segundo Lima (2010), a manutenção corretiva, apesar de ser mais comum, tende a resultar em maior impacto econômico e operacional devido à necessidade de intervenções urgentes.

2.7. Prescritiva

A manutenção prescritiva aprimora o nível da manutenção preditiva, pois, além de identificar falhas e preveni-las, também fornece recomendações específicas sobre as ações corretivas que devem ser adotadas. Utilizando algoritmos avançados, essa técnica auxilia na tomada de decisões mais informadas e precisas sobre a manutenção necessária, promovendo uma maior eficiência operacional. Segundo Souza (2022), a manutenção prescritiva é uma evolução da preditiva, permitindo uma gestão mais eficaz dos recursos e operações.

2.8. Terotecnologia

Outra inovação no contexto de manutenção é a ampliação da tecnologia Tero, que integra sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT) e análise de big data para a manutenção inteligente e automatizada de equipamentos. A IoT envolve a conexão de sensores e dispositivos à internet, permitindo a coleta contínua e em tempo real de dados sobre as condições operacionais dos ativos. A análise de big data processa e analisa grandes volumes de dados gerados pelos dispositivos IoT, utilizando algoritmos avançados e inteligência artificial para examinar os dados e identificar padrões, prevendo possíveis falhas. Com essa integração, a tecnologia Tero torna a manutenção mais proativa e eficiente, ajustando as intervenções conforme as reais condições de operação. Segundo Oliveira (2020), essa abordagem contribui significativamente para a melhoria da eficiência e redução de custos na manutenção industrial.

2.9 Laboratório de Eficiência Energética

O laboratório de eficiência energética foi uma parceria com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) junto com a instituição Centro Paula Souza para criação de um laboratório, onde os alunos pudessem desfrutar de um ensino de qualidade. Nesse ambiente de estudo, os estudantes puderam ter a experiência de realizar experimentos sobre energia eólica, energia solar e todos os tipos de iluminação e suas propriedades. Adicionalmente, puderam analisar e testar a eficiência energética de motores, compressores e equipamentos de refrigeração. Para a elaboração de todo ensino de qualidade, a FATEC - BAURU selecionou alguns docentes de sua grade de professores para a capacitação do mesmo para ter ciência

de todo conhecimento que o laboratório pode oferecer aos alunos/docentes de suas instituições.

2.9.1 Equipamentos Utilizados no Laboratório de Eficiência Energética

O inventário de materiais em análise inclui os seguintes itens e especificações:

Possuímos seis multímetros da marca Minipa, modelo ET-2082C, todos em bom estado. Também contamos com cinco inversores de frequência Schneider, modelo Altivar12, igualmente em bom estado. Em relação aos sistemas para estudo e medidas de energia fotovoltaica, temos três unidades do modelo De Lorenzo DL-3155BRS-PSE é uma unidade do modelo De Lorenzo DL-EFFICIENCY-A, ambos em boas condições.

Para estudos de eficiência energética em motores elétricos, temos uma unidade do sistema De Lorenzo DL-2132, também em bom estado. Além disso, há um sistema de medidas CA e CC para monitoramento de tensão, corrente, potência ativa, reativa e fator de potência, marca De Lorenzo, modelo DLB-LSMC, em bom estado. Possuímos ainda um sistema para estudo e treinamento de eficiência energética em sistemas motrizes de ar condicionado, da mesma marca e modelo (DLB-LSMC), em boas condições.

Para estudo e treinamento de eficiência energética em sistemas motrizes de compressor, contamos com um sistema De Lorenzo, modelo DLB-EEI, em bom estado. O sistema para estudo de eficiência energética em sistemas de iluminação, modelo De Lorenzo DLB-2314 HSW, também está em boas condições. Além disso, temos uma estação de controle de processos com software de simulação, marca De Lorenzo, modelo DLB-IERP, em bom estado.

O conjunto didático para estudo e treinamento de instalações elétricas residenciais, prediais e industriais da marca Festo está em bom estado, assim como cinco kits de eletrônica de potência da mesma marca.

2.10 Importância da manutenção

A importância da realização de manutenções preventivas se resumem a preservar a saúde e segurança das pessoas em contato com o respectivo equipamento, assegurar o aprendizado dos alunos, e garantir a eficácia e durabilidade do maquinário em questão.

Dentro da composição das bancadas do laboratório de eficiência energética serão abordados majoritariamente motores elétricos, válvulas eletropneumáticas, dispositivos de acionamento, componentes elétricos e compressores.

2.10.1 Motores Elétricos

A manutenção preventiva de motores elétricos se faz importante para garantir operações seguras e eficazes, a mesma conta com inspeções visuais para detectar desgastes e danos, limpezas no intuito de evitar interferências, verificação das conexões elétricas, lubrificação de rolamentos e o monitoramento da temperatura e vibração. Além disso, testes de desempenho são indispensáveis a fim de validar o estado do motor. A falta de manutenção adequada resulta em sobreaquecimento, falhas tanto mecânicas quanto elétricas, além de aumentar vibrações, o que prejudica sua eficácia, elevando custos operacionais e reduzindo a vida útil do equipamento, segundo Souza (2019).

2.10.2 Válvulas electropneumáticas.

Manutenções preventivas em válvulas eletropneumáticas são indispensáveis tanto para a segurança quanto à eficiência. A verificação das válvulas começa em inspeções visuais a fim de identificar desgastes ou danos, limpezas para prevenir a obstrução no fluxo de ar, inspeções nas conexões elétricas e pneumáticas, lubrificação das partes móveis e monitoramento da pressão do sistema. Também é essencial testar o desempenho e verificar a calibrações dos sensores. A falta de uma manutenção adequada pode provocar falhas no fluxo de ar, desgaste mecânico, problemas elétricos e vibrações excessivas, o que reduz a durabilidade das válvulas, segundo Oliveira, (2018).

2.10.3 Multímetro

A manutenção preventiva em multímetros engloba inspeções visuais para detectar possíveis danos, limpeza, inspeção das baterias e calibração periódica, é recomendável verificar e substituir fusíveis, conforme necessário, e teste dos botões. A falta de manutenção pode causar falhas no dispositivo, medições imprecisas, danos permanentes e riscos à segurança, segundo Almeida (2021).

2.10.4 Inversores de frequência.

A manutenção preventiva em inversores de frequência é crucial para assegurar a eficiência, a durabilidade e a segurança do equipamento. Esse processo inclui inspeções visuais para identificar desgastes, aquecimento ou corrosão, limpeza do ambiente para evitar o superaquecimento, verificação de ventiladores e filtros de ar, além de checar as conexões elétricas e monitorar parâmetros como tensão e temperatura. A atualização periódica do software de controle também se faz necessária. A ausência dessa manutenção pode levar a falhas térmicas, elétricas e operacionais, resultando em paradas inesperadas, custos elevados com reparos e impactos na produção industrial, segundo Costa (2020).

2.10.5 Compressores

A manutenção preventiva em compressores de ar é fundamental para assegurar seu desempenho eficiente, segurança e longevidade. Esse processo inclui inspeções visuais para identificar vazamentos, ruídos e desgastes, além da limpeza de filtros de ar e da verificação do nível de óleo em compressores que utilizam lubrificação. Também é essencial monitorar a pressão, testar as válvulas de segurança, inspecionar correias e polias, drenar o reservatório de ar periodicamente. A falta de manutenção pode resultar em falhas mecânicas, superaquecimento, aumento do consumo energético e corrosão, levando a paradas inesperadas na produção, aumento dos custos operacionais e necessidade de reparos urgentes, segundo Pereira (2019).

2.10.6 Sistemas de refrigeração

A manutenção preventiva em sistemas de refrigeração é fundamental para assegurar o desempenho, a eficiência energética e a durabilidade dos equipamentos. Esse processo envolve inspeções visuais para detectar desgastes, vazamentos e sinais de corrosão, além da limpeza dos condensadores e evaporadores, que devem estar livres de sujeira para garantir uma troca térmica adequada. Verificar os níveis de refrigerante, o estado do compressor, as conexões elétricas e o sistema de drenagem também é essencial. A falta de manutenção pode acarretar problemas como a redução da eficiência, sobrecarga do compressor, aumento do consumo de energia e

falhas no sistema, resultando em custos operacionais elevados, danos ao equipamento e paradas inesperadas, segundo Ferreira (2020).

2.10.7 Sistemas de iluminação

A manutenção preventiva em sistemas de iluminação é vital para assegurar a eficiência, a segurança e a longevidade dos componentes. Esse processo inclui inspeções visuais das luminárias, lâmpadas e conexões, além de limpezas para evitar a diminuição da eficiência luminosa. A verificação da fiação, a substituição de reatores e drivers, bem como o monitoramento da tensão de alimentação, são igualmente importantes. Testar sensores de presença e temporizadores também faz parte das práticas recomendadas. A falta de manutenção pode ocasionar falhas, aumento no consumo de energia, sobrecarga do sistema, risco de curto-circuito e danos aos componentes, resultando em custos elevados e menor durabilidade do sistema, segundo Santos (2018).

2.10.8 Sistemas de energia fotovoltaica

A manutenção preventiva em sistemas de energia fotovoltaica é fundamental para assegurar a eficiência, a durabilidade e a segurança do sistema. Esse processo inclui a inspeção visual para detectar danos nos painéis solares, como rachaduras e acúmulo de sujeira, os quais podem reduzir a captação de luz solar. A limpeza regular é especialmente importante em áreas com altos índices de poluição. Além disso, é necessário verificar as conexões elétricas, monitorar inversores e baterias, e assegurar a integridade do sistema de aterramento para proteção contra surtos elétricos. A falta de manutenção pode diminuir a eficiência do sistema, ocasionar falhas e aumentar os riscos de segurança, o que resulta em maiores custos operacionais e compromete o retorno do investimento, segundo Ribeiro (2021).

2.10.9 Paineis elétricos

A manutenção preventiva em painéis elétricos é essencial para garantir a segurança, a eficiência e a durabilidade dos componentes. Esse processo inclui inspeções visuais de disjuntores, cabos e terminais, com o objetivo de identificar sinais de desgaste, corrosão ou danos. A verificação das conexões elétricas é fundamental para evitar problemas como aquecimento excessivo ou arcos elétricos. Além disso, a limpeza interna do painel é necessária para prevenir o acúmulo de poeira e umidade, que podem resultar em falhas. Também é importante monitorar dispositivos de proteção, o sistema de aterramento, o equilíbrio de cargas e a ventilação, de modo a prevenir sobrecargas, curto-circuitos e superaquecimento. A falta dessa manutenção pode levar a falhas graves, como quedas de tensão, riscos de incêndios, curto-circuitos, sobrecargas, e aumento nos custos de reparo e operação devido a paradas inesperadas e danos aos equipamentos, segundo Almeida (2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com fim de atender os objetivos do trabalho foi primeiramente realizado um estudo aprofundado sobre quais os pontos a efetuar uma manutenção preventiva em cada uma das bancadas, assim como o prazo adequado para cada uma. Com tais informações em mão, foi iniciado o processo de elaboração, e posterior aplicação, do plano de manutenção preventiva. Durante esse período foram levantadas uma série

de pesquisas para definir as atividades executadas em cada manutenção com precisão e excelência. As pesquisas englobam catálogos técnicos de fabricantes e artigos científicos sobre o tema e sobre os equipamentos.

Os resultados das pesquisas foram motores, painéis elétricos, compressores, luminárias, sensores, válvulas, tubulações, instrumentos de acionamento, multímetros e sistemas de geração de energia fotovoltaica.

Por fim, com o documento já em mãos foi então verificado as prioridades de cada bancada e quais pontos já estavam em boas condições e quais demandavam manutenção, facilitando assim a organização na hora da execução de cada atividade.

3.1 Bancada de refrigeração

A bancada para estudo de eficiência energética em sistemas de ar-condicionado foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar um ambiente de aprendizado prático e detalhado, permitindo o estudo aprofundado do consumo de energia elétrica, dos gradientes de temperatura e das possíveis falhas que podem ocorrer em sistemas de condicionamento de ar. A bancada possibilita a medição precisa do consumo energético e permite que os usuários avaliem o rendimento dos sistemas sob diferentes condições operacionais. Ela também viabiliza a análise de perdas de eficiência em função de defeitos comuns, como falhas mecânicas, elétricas ou de controle, que afetam diretamente o desempenho do sistema. Ao possibilitar a inserção dessas falhas no sistema, a bancada oferece uma oportunidade única de estudar, na prática, as condições encontradas em sistemas reais instalados em ambientes climatizados, como os utilizados em edificações comerciais, industriais e residenciais.

A unidade possui componentes críticos que simulam o funcionamento de sistemas de climatização reais. Motores ajustam a operação do compressor, enquanto manômetros e termômetro digital medem pressão e temperatura, respectivamente, para análise de eficiência térmica. O painel elétrico centraliza o controle, permitindo monitoramento e ajuste dos parâmetros, com temporizador, LEDs de status, chave de segurança e multimedidor para avaliar o consumo de energia em tempo real. Inclui também botão de emergência e chaves de alavanca para controle manual, oferecendo segurança e flexibilidade nos testes e simulações.

Nesta bancada, realizou-se inicialmente uma limpeza geral, removendo resíduos e dejetos presentes no painel elétrico, no interior do equipamento, na área dos compressores e na câmara do ar-condicionado. Em relação às tubulações, foi analisada a existência de vazamentos. Nos capacitores, efetuou-se uma inspeção visual das ligações e do estado dos dispositivos, assim como a verificação da capacidade de cada um. Para o motor do compressor, inspecionaram-se a corrente elétrica, a isolação e o aterramento, além de serem examinados os cabos e conectores. No dispositivo de ar-condicionado, verificaram-se o filtro, o capacitor e as respectivas ligações. Por fim, no painel, inspecionaram-se cada componente, ajustaram-se todas as conexões, realizou-se o aterramento da fonte tipo colmeia e testaram-se todos os comandos da bancada.

Figura 1 - Estação de simulação ar-condicionado



Fonte: Apostila De Lorenzo

3.2 Bancada de iluminação

A bancada para estudo de eficiência energética em sistemas de iluminação foi projetada com o objetivo de permitir o estudo detalhado e a medição do consumo de energia elétrica e do nível de iluminação, possibilitando a comparação entre diferentes conjuntos de lâmpadas, variando tipos e tecnologias. Essa bancada didática possibilita a realização de uma ampla gama de testes e ensaios com os principais tipos de lâmpadas comumente utilizadas em instalações elétricas, tanto industriais quanto residenciais, garantindo que os resultados obtidos sejam isolados da interferência da luz ambiente. Isso facilita a análise precisa das diferenças de consumo de energia e das eficiências energéticas associadas a cada tipo de lâmpada, permitindo que o usuário observe, na prática, o impacto de cada tecnologia em termos de economia e eficiência.

A unidade é composta por diversas lâmpadas para os testes, permitindo a simulação de diferentes cenários de consumo e eficiência. Além disso, ela conta com um luxímetro, que realiza medições precisas do nível de iluminamento, proporcionando uma análise detalhada da eficiência luminosa. O painel de comando, que integra os principais controles da bancada, inclui um multimedidor para monitorar o consumo de energia, um temporizador, LEDs indicadores de funcionamento, uma chave geral e chaves de acionamento específicas para controlar os diferentes componentes e funções da bancada. Com isso, o sistema oferece uma plataforma prática e eficiente para estudos aprofundados de eficiência energética em sistemas de iluminação.

Para esta bancada, em um primeiro momento, realizaram-se verificações nas conexões de todas as luminárias, assegurando a integridade de cada ligação e o funcionamento adequado. Além disso, foram executados testes detalhados tanto nas

próprias luminárias quanto no luxímetro, visando garantir a precisão das medições de iluminação. Em seguida, foi realizada uma limpeza completa, abrangendo tanto o painel elétrico quanto o equipamento em geral, de modo a remover quaisquer impurezas que pudessem interferir no desempenho dos componentes. No painel elétrico, cada um dos componentes foi inspecionado individualmente; após essa inspeção, executou-se o reaperto das conexões e o aterramento adequado da fonte tipo colmeia, visando reforçar a segurança e a eficiência do sistema. Finalmente, todos os comandos elétricos da bancada passaram por testes, assegurando seu funcionamento.

Figura 2 - Estação de simulação de luminotécnica



Fonte: Apostila De Lorenzo

3.3 Bancada de compressão

A bancada para estudo de eficiência energética em sistemas de ar comprimido foi desenvolvida com o intuito de proporcionar um ambiente de estudo prático, focado na medição e análise detalhada de diversos parâmetros, como o consumo de energia elétrica, os volumes de ar gerados e as temperaturas envolvidas no processo. Além disso, a bancada permite a análise de defeitos e perdas de rendimento, comuns em sistemas de compressores de ar, facilitando o entendimento das causas de ineficiência e suas soluções.

Essa bancada possibilita uma demonstração prática e detalhada das variações no consumo energético e na eficiência do sistema de ar comprimido. O diferencial está na capacidade de simular falhas típicas observadas em sistemas industriais, como vazamentos e variações de pressão, permitindo que os usuários estudem as implicações dessas falhas e as melhores práticas para mitigar seus efeitos. Assim, ela se torna uma ferramenta eficaz para a formação de profissionais que atuam na área de manutenção e otimização de sistemas de ar comprimido em ambientes industriais.

A bancada possui dois motores de alto rendimento com acionamento independente, permitindo flexibilidade no controle. Conta com manômetros analógico e digital para medir pressões em diferentes pontos e válvulas solenóides que simulam vazamentos, auxiliando na análise de falhas e seu impacto na eficiência energética. Um termômetro digital mede a temperatura do ar de admissão, essencial para avaliar o desempenho térmico do compressor. O painel de comando centraliza o controle, com chave geral, multimedidor, LEDs indicadores, botão de emergência, controle de válvulas e motores via chaves de alavanca, além de temporizador para ajustes precisos durante as simulações.

Nesta bancada, realizou-se uma limpeza completa de todos os componentes do equipamento, incluindo uma higienização cuidadosa do painel elétrico para assegurar um funcionamento sem interferências. Em seguida, verificou-se a presença de possíveis vazamentos nas válvulas, nos manômetros e nas mangueiras pneumáticas, garantindo a integridade dos sistemas de controle de pressão. Quanto aos motores, foram analisados os parâmetros de corrente elétrica, isolamento e aterramento, além de inspeções nos cabos e conectores para garantir um desempenho seguro e eficiente. No caso das solenóides, examinaram-se as conexões e cabos e verificou-se a capacidade de magnetização da bobina, essencial para o correto acionamento dos dispositivos. Para o reservatório de ar, realizou-se uma purga completa para a remoção de resíduos acumulados, utilizando-se uma garrafa PET para o descarte seguro dos fluidos. No painel, cada componente passou por uma inspeção individual, reapertaram-se as conexões, assegurou-se a presença de terminais adequados em todos os condutores e verificou-se o aterramento eficaz da fonte, além de serem realizados testes nos comandos elétricos para garantir que cada função da bancada estivesse operando corretamente.

Figura 3 - Estação de simulação do compressor de ar



Fonte: Apostila De Lorenzo

4 RESULTADOS

A manutenção preventiva aplicada na bancada de refrigeração resultou na realização de limpezas detalhadas em componentes críticos, como o painel elétrico, compressores e câmara de ar-condicionado. A inspeção das tubulações identificou a ausência de vazamentos. Os capacitores foram avaliados, e as conexões dos motores e sistemas de controle, como o compressor e painel elétrico, receberam ajustes e reapertos. O sistema foi verificado quanto ao aterramento e testado em todos os comandos elétricos, garantindo sua eficiência no controle do consumo de energia e no desempenho térmico dos sistemas de ar-condicionado.

Na bancada de iluminação, as verificações nas conexões das luminárias asseguraram que todas estavam funcionando corretamente. Testes de iluminação foram realizados com precisão, usando o luxímetro para garantir medições confiáveis do nível de iluminação. A limpeza do painel elétrico foi realizada, removendo impurezas que poderiam afetar o desempenho do sistema. Além disso, a inspeção do painel resultou no reaperto das conexões e no reforço do aterramento da fonte tipo colmeia, resultando em uma bancada segura e eficiente. Todos os comandos elétricos passaram por testes rigorosos, confirmando que o sistema estava funcionando conforme esperado.

Na bancada de compressão, foi realizada uma manutenção cuidadosa, com limpeza e inspeção detalhada dos componentes, incluindo os manômetros, válvulas, solenóides e motores. A verificação das válvulas e das mangueiras pneumáticas garantiu que não havia vazamentos, e a análise dos motores assegurou que estavam operando dentro dos parâmetros corretos de corrente elétrica, isolamento e aterramento. A inspeção das solenóides e o teste das conexões confirmaram que as bobinas estavam funcionando corretamente. No reservatório de ar, a purga dos resíduos foi realizada de forma segura, e o painel de comando foi verificado e ajustado, com todos os testes realizados nos comandos elétricos da bancada, garantindo o pleno funcionamento do sistema de ar comprimido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do plano de manutenção preventiva para o laboratório de eficiência energética da FATEC Bauru representa um passo significativo para a sustentação e otimização dos processos educacionais. Com este projeto, foi possível estruturar um conjunto de ações detalhadas, voltadas ao correto funcionamento das bancadas e equipamentos críticos, como as estações de simulação de ar-condicionado, iluminação e compressão. Através da implementação deste plano, busca-se garantir não apenas a longevidade dos ativos, mas também a continuidade das atividades de ensino com segurança e eficiência.

O levantamento das características e das necessidades de cada bancada permitiu identificar pontos de melhoria e priorizar ações que irão reduzir o tempo de inatividade não planejado e evitar o desgaste excessivo dos equipamentos. Esse planejamento, aliado à metodologia de inspeção e análise dos componentes principais, auxilia no fortalecimento das habilidades dos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios do setor industrial e promovendo uma cultura de manutenção e conservação dos recursos.

Além disso, a integração das atividades de manutenção preventiva nas aulas práticas fomenta um aprendizado mais completo e alinhado com as demandas do mercado de trabalho, estimulando a responsabilidade e a proatividade dos

estudantes. Dessa forma, o plano de manutenção se revela uma ferramenta indispensável, não só para a conservação dos equipamentos, mas também para o desenvolvimento profissional dos alunos, consolidando o laboratório de eficiência energética como um ambiente educativo seguro, inovador e funcional.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. Procedimentos de Manutenção Preventiva em Equipamentos de Medição. *Revista de Instrumentação e Controle*, 2021.

COSTA, L. Manutenção Preventiva em Inversores de Frequência. *Revista de Automação e Controle Industrial*, 2020.

DE LORENZO. Apostila de atividade prática: capacitação eficiência energética, 2015.

FERREIRA, M. Manutenção Preventiva em Sistemas de Refrigeração. *Revista de Engenharia Térmica*, 2020.

LIMA, A. F. *Gestão de manutenção: desafios e soluções*. São Paulo: Editora Pearson, 2010.

OLIVEIRA, A. P. *Manutenção inteligente: integração de IoT e big data nas indústrias*. São Paulo: Editora Blucher, 2020.

OLIVEIRA, R. Manutenção Preventiva de Sistemas Eletropneumáticos. *Revista de Automação Industrial*, 2018.

PEREIRA, J. Manutenção Preventiva em Compressores de Ar. *Revista de Engenharia Mecânica e Industrial*, 2019.

RIBEIRO, A. Manutenção Preventiva em Sistemas de Energia Fotovoltaica. *Revista de Energias Renováveis*, 2021.

RODRIGUES, J. M. *Gestão de manutenção: estratégias e práticas para a melhoria contínua*. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

SANTOS, L. Manutenção Preventiva em Sistemas de Iluminação. *Revista de Engenharia Elétrica e Eficiência Energética*, 2018.

SOUZA, R. T. *Manutenção inteligente: soluções prescritivas para a indústria 4.0*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2022.

SILVA, R. L. *Manutenção preditiva: teoria e prática na indústria*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2015.

VIANA, P. *Gestão de manutenção: estratégias e práticas para a melhoria contínua*. São Paulo: Editora Atlas, 2006.