

INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

IGOR EMANUEL SILVERIO SANTOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**RESOLUÇÃO DE CASOS PRÁTICOS DE MANUTENÇÃO
ELÉTRICA EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA DE MÉDIO
PORTE**

João Pessoa - PB
2025

IGOR EMANUEL SILVERIO SANTOS

RESOLUÇÃO DE CASOS PRÁTICOS DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA EM UMA
INDÚSTRIA GRÁFICA DE MÉDIO PORTE

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da
Paraíba como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Álvaro de Medeiros Maciel, Dr.

João Pessoa - PB
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *campus* João Pessoa

S237r

Santos, Igor Emanuel Silverio.

Resolução de casos práticos de manutenção elétrica em uma indústria gráfica de médio porte / Igor Emanuel Silvério Santos. – 2025.

59 f. : il.

TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB / Coordenação de Engenharia Elétrica.

Orientador: Dr. Álvaro de Medeiros Maciel.

1. Manutenção elétrica - indústria. 2. Sensores industriais. 3. Resistência elétrica industrial. I. Título.

CDU 69.059.1

IGOR EMANUEL SILVERIO SANTOS

RESOLUÇÃO DE CASOS PRÁTICOS DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA EM UMA
INDÚSTRIA GRÁFICA DE MÉDIO PORTE

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da
Paraíba como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica*

Trabalho Aprovado em 01 / 09 / 2025 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA
Data: 10/09/2025 15:39:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Franklin Martins Pereira Pamplona, Dr.
Examinador, IFPB

Documento assinado digitalmente
 JOSE ARTUR ALVES DIAS
Data: 10/09/2025 15:50:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Artur Alves Dias, Dr.
Examinador, IFPB

Documento assinado digitalmente
 ALVARO DE MEDEIROS MACIEL
Data: 10/09/2025 15:21:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Álvaro de Medeiros Maciel, Dr.
Orientador, IFPB

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado todas as forças quando mais precisei dele e pela oportunidade que me foi concebida para realizar a escrita do TCC, uma jornada bastante árdua, porém, muito gratificante.

Além disso, sou grato ao meu pai Ivanildo dos Santos juntamente com minha mãe Marinês Silvério dos Santos, que sempre me apoiaram e estiveram presente na minha vida com todos os incentivos e fazendo com que eu nunca desistisse e me tornasse alguém melhor durante todo o processo.

Agradeço também aos meus grandes colegas Hugo, Marcos e Paulo, que estiveram comigo durante toda essa jornada que não foi nada fácil, sempre me apoiando, incentivando e me dando grandes conselhos quando mais precisei deles, nunca me deixando para trás e sempre dando todo o apoio quando necessário.

Ademais, agradeço bastante a toda equipe da manutenção da empresa local, pelo apoio no desenvolvimento das atividades e todo conhecimento transmitido, especialmente para meus colegas Alex, Manuel, Geovane, Francisco e Maria, juntamente com meu supervisor Rafael, que sempre me ajudaram e me fizeram crescer como pessoa e profissional.

Por fim, gostaria de expressar minha sincera gratidão ao professor Álvaro, que, além de ser meu orientador, foi fundamental para o meu crescimento e desenvolvimento dentro da instituição. Seu apoio, orientação e dedicação fizeram toda a diferença na minha trajetória. Agradeço também a todos os demais professores que contribuíram com seu conhecimento e incentivo, assim como ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), por proporcionar um ambiente de aprendizado e oportunidades que levarei para toda a vida, juntamente com o PET – EE que me ajudou no meu crescimento acadêmico e profissional ao longo dessa jornada.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como principal finalidade apresentar e analisar casos práticos de manutenções realizadas no ambiente industrial de uma empresa local. As intervenções foram executadas em conjunto pelo corpo técnico da empresa e pelo estudante do curso de Engenharia Elétrica, responsável pelo desenvolvimento deste trabalho, proporcionando uma vivência prática alinhada à formação acadêmica. O estudo busca não apenas relatar os procedimentos realizados, mas também oferecer uma visão detalhada de cada etapa das manutenções, com ênfase na identificação precisa dos problemas e na descrição das soluções adotadas. Cada caso apresentado evidencia a aplicação de medidas técnicas eficazes, fundamentadas nos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da graduação e da vivência industrial. Dessa forma, este trabalho visa demonstrar a importância da atuação conjunta entre teoria e prática, além de destacar a relevância da manutenção industrial como fator essencial para o bom funcionamento dos processos produtivos da indústria.

Palavras-chave: Manutenções, engenharia, prática, formação.

ABSTRACT

This Undergraduate Thesis aims to present and analyze practical cases of maintenance activities carried out in the industrial environment of a local company. The interventions were conducted jointly by the company's technical team and the Electrical Engineering student responsible for this work, providing hands-on experience aligned with academic training. This study seeks not only to report the procedures performed but also to offer a detailed view of each maintenance step, with emphasis on accurate problem identification and the description of the solutions implemented. Each case highlights the application of effective technical measures, grounded in the theoretical knowledge acquired throughout the academic program and industrial experience. Thus, this work aims to demonstrate the importance of integrating theory and practice, as well as to emphasize the relevance of industrial maintenance as a key factor for the efficient operation of industrial production processes.

Keywords: Maintenance, engineering, practical, training.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Resistências Industriais.....	14
Figura 2 - Bomba sopro e vácuo.....	15
Figura 3 - Sensor de barreira	16
Figura 4 - Sensor capacitivo	17
Figura 5 - Circuito interno dos inversores	19
Figura 6 - Retificador de Onda completa	19
Figura 7 – Técnica de modulação PWM	20
Figura 8 - Exaustor centrífugo.....	21
Figura 9 - Modelos de escovas	22
Figura 10 - Rama de resistências	24
Figura 11 - Resistência elétrica	25
Figura 12 - Sistema de sopro e sucção	27
Figura 13 - Palhetas de grafite.....	28
Figura 14 - Medição de corrente.....	29
Figura 15 - Placa de dados da bomba	30
Figura 16 - Sistema de saída da máquina	31
Figura 17 - Emissor e receptor	32
Figura 18 - Manual da máquina.....	33
Figura 19 - Potenciômetro	34
Figura 20 - Painel da máquina.....	35
Figura 21 - Ordem de serviço	37
Figura 22 - Chave Margirius	38
Figura 23 - Chave danificada.....	39
Figura 24 - Sensor capacitivo	40
Figura 25 - Motor de exaustão.....	42
Figura 26 - Bloco de contatos.....	44
Figura 27 - Placa AC	45
Figura 28 - Escovas de grafite	46
Figura 29 - Anéis coletores.....	47
Figura 30 - Esquema de ligação da bomba.....	49
Figura 31 - Automação	50
Figura 32 - Diagrama.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
PWM	Modulação por Largura de Pulso
AC	Corrente Alternada
VDC	Volts em Corrente Contínua

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	OBJETIVO GERAL	13
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	RESISTÊNCIA ELÉTRICA INDUSTRIAL	14
2.2	BOMBA DE SOPRO E VÁCUO COM PALHETAS ROTATIVAS	15
2.3	SENSORES INDUSTRIAIS	16
2.3.1	SENSOR FOTOELÉTRICO DE BARREIRA	16
2.3.2	SENSOR CAPACITIVO.....	17
2.4	INVERSOR DE FREQUÊNCIA	18
2.5	EXAUSTOR CENTRÍFUGO INDUSTRIAL	21
2.6	ESCOVAS DE GRAFITE.....	22
3	CASOS ANALISADOS	23
3.1	RAMA DE RESISTÊNCIAS	23
3.2	CURTO EM UMA BOMBA TRIFÁSICA	26
3.3	FALHA EM UM SENSOR FOTOELÉTRICO DE BARREIRA.....	30
3.4	AJUSTE DE VELOCIDADE EM UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA	34
3.5	CHAVE EM CURTO.....	37
3.6	SENSOR DE NÍVEL DE PILHA DE PAPEL.....	40
3.7	MOTOR DE EXAUSTÃO TRIFÁSICO	41
3.8	SOBREAQUECIMENTO NO MOTOR DO ESQUADRO	43
3.9	FALHA POR DESGASTE DA ESCOVA DE GRAFITE.....	46
3.10	IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE SOPRO AUTOMÁTICA	48
4	PLANO DE AÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO.....	53
4.1	MEDIDAS DE MELHORIA PARA RAMA DE RESISTÊNCIAS.....	53
4.2	ESTRATÉGIAS PARA PREVENÇÃO DE FALHAS EM UMA BOMBA TRIFÁSICA	53
4.3	SENSOR DE BARREIRA COM OPERAÇÃO SEGURA E CONFIÁVEL	53
4.4	INVERSOR DE FREQUÊNCIA VISANDO OPERAÇÃO ESTÁVEL	54
4.5	PREVENÇÃO EM UMA CHAVE MONOFÁSICA.....	54
4.6	SENSOR DE PILHA VISANDO CONTINUIDADE OPERACIONAL	55
4.7	ESTABILIDADE E FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE EXAUSTÃO.....	55
4.8	PROTEÇÃO E CONFIABILIDADE DO MOTOR DO ESQUADRO	55

4.9 OTIMIZAÇÃO DA IDENTIFICAÇÃO DE DESGASTE EM ESCOVAS DE GRAFITE	56
5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A manutenção industrial possui papel fundamental para garantia da vida útil dos equipamentos, contribuindo de forma direta para a produção e resultados da empresa. Nesse cenário, a manutenção elétrica, visa assegurar o funcionamento adequado dos maquinários, motores, quadros elétricos, subestação, e outros equipamentos que se fazem presentes no ambiente industrial.

Sendo assim, o principal objetivo é realizar a prevenção de falhas, minimizando a quantidade de paradas de máquinas, assegurando a disponibilidade contínua dos ativos elétricos.

Na área da Engenharia Elétrica, a conservação se mostra essencial, pois problemas em sistemas e equipamentos elétricos podem resultar em perdas financeiras significativas e também ocasionar parada de produção. Em casos mais críticos, esses problemas podem acarretar riscos à segurança dos trabalhadores, ameaçar a integridade física das pessoas e gerar danos ao meio ambiente.

Questões como curtos-circuitos, excesso de carga, problemas no isolamento ou até mesmo na ligação ou falta do aterramento estão entre as maiores causas de acidentes graves, podendo ocasionar incêndios e grandes paradas nas atividades das indústrias.

Diante desse cenário, aliado com a complexidade e integração de sistemas elétricos mais desenvolvidos, torna-se imprescindível a adoção de estratégias de manutenções cada vez mais robustas e eficazes para resolução dos problemas.

Outro aspecto relevante é o impacto econômico gerado pela falta de manutenção adequada. Paradas não programadas e falhas elétricas acarretam não apenas custos elevados com reparos emergenciais, mas também prejuízos decorrentes da perda de produção, atrasos na entrega de produtos e até no pior dos casos pode gerar penalidades contratuais.

Logo, é de extrema importância realizar um bom investimento em uma manutenção elétrica eficiente, o que por sua vez, representa um fator decisivo para a sustentabilidade financeira das empresas tanto no setor industrial quanto em diversos outros setores.

Dessa forma, a manutenção bem planejada e executada contribui diretamente para a continuidade dos processos produtivos, reduzindo custos operacionais e garantindo a competitividade da empresa em um mercado cada vez mais exigente e dinâmico.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar atividades de manutenções elétricas realizadas no ambiente industrial de uma empresa local.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais causas de falhas elétricas no ambiente industrial analisado;
- Descrever os procedimentos adotados nas intervenções elétricas, realizados em conjunto com o corpo técnico da empresa;
- Correlacionar a vivência prática profissional com os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Elétrica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESISTÊNCIA ELÉTRICA INDUSTRIAL

Uma resistência é um material que possui a capacidade de se opor à passagem da corrente elétrica. Sendo assim, sua finalidade é dificultar o fluxo de elétrons através do material condutor.

Ademais, possuem papel fundamental em equipamentos como fornos, secadores, sistemas de soldagens e diversas outras aplicações. Além disso, podem ser de diversos tipos como tubular, mica, cerâmica, aletada, de imersão entre outros, como pode ser observado na figura 1.

Figura 1 - Resistências Industriais



Fonte: ELWATTS (2025).

Para cada aplicação, será escolhido o tipo de resistência que melhor se adapta às exigências específicas da máquina ou do processo, garantindo eficiência, segurança e durabilidade no funcionamento do equipamento.

2.2 BOMBA DE SOPRO E VÁCUO COM PALHETAS ROTATIVAS

As bombas de sopro e vácuo que possuem palhetas rotativas são constantemente utilizadas no ambiente industrial, pois garantem uma operação contínua, além de possuírem alta eficiência para realizar a movimentação do ar.

Nesse cenário, o funcionamento dessas bombas se baseia em um rotor excêntrico que gira dentro de uma câmara cilíndrica. Ademais, dentro do rotor existe a presença de palhetas móveis, geralmente de grafite, que são impulsionadas através da força centrífuga e deslizam dentro de ranhuras, ocasionando a formação de compartimentos de ar cujo volume varia durante a rotação.

Sendo assim, essa variação gera sucção na entrada e compressão na saída, permitindo sua aplicação em sistemas de transporte pneumático, exaustão e automação, logo abaixo na figura 2, pode ser observado a construção deste tipo de bomba.

Figura 2 - Bomba sopro e vácuo



Fonte: OMEL (s.d).

Essas bombas, geralmente funcionam com motores trifásicos, operando em tensões de 220 V ou 380 V, com sua ligação podendo ser em estrela ou triângulo, dependendo da rede elétrica local, com suas devidas proteções.

2.3 SENSORES INDUSTRIAIS

Os sensores industriais são dispositivos que tem como finalidade detectar variáveis físicas, químicas ou biológicas e converte-las em sinais elétricos de tensão ou corrente, os quais serão interpretados por sistemas de controle, como por exemplo o controlador lógico programável (CLP) que é muito usual.

Além disso, sua aplicação é essencial para garantir um controle preciso, segurança da operação e manter a eficiência do sistema. Existem diversos tipos de sensores industriais empregados no mercado, entre eles estão os sensores fotoelétricos que utilizam feixes para a detecção, más também, os sensores capacitivos que atuam por meio da variação de capacitância provocada pela aproximação de materiais.

2.3.1 SENSOR FOTOELÉTRICO DE BARREIRA

Sensores de barreiras são equipamentos que tem a capacidade de identificar movimentos, sendo assim, existe um emissor e um receptor, os quais são posicionados um de frente para o outro por uma certa distância, o emissor emite feixes de luz infravermelhos que são recebidos pelo receptor, caso essa luz seja interrompida, é emitido um sinal para algum dispositivo de controle que fará a atuação de acordo com sua programação, na figura 3, ilustra-se o funcionamento deste tipo de sensor

Figura 3 - Sensor de barreira



Fonte: Adaptado de Mundo da elétrica (2025).

Sua alimentação é geralmente em corrente contínua e tensão de 12 VDC ou 24 VDC, o emissor possui dois cabos para alimentação enquanto o receptor além dos cabos de alimentação, possui um terceiro cabo que será por onde o sinal será enviado para o controlador responsável pela interpretação da leitura do sistema.

2.3.2 SENSOR CAPACITIVO

Os sensores capacitivos funcionam realizando a detecção de mudanças na capacitância elétrica entre o sensor e objeto de referência. Sendo assim, ele gera um campo elétrico variável ao redor da superfície, o qual é afetado quando um objeto se aproxima.

Nesse contexto, a aproximação do objeto gera alteração na capacitância, que é convertido em um sinal elétrico, indicando a presença de um objeto, na figura 4, pode-se observar a estrutura do sensor.

Figura 4 - Sensor capacitivo



Fonte: Kalatec Automação (2023).

Ademais, esses sensores possuem a capacidade de identificar materiais condutores e isolantes, como plásticos, madeira, papel, grãos, entre outros. Assim como muitos sensores industriais, operam com alimentação em corrente contínua de 24 VDC e transmitem sinais para dispositivos de controle, como CLPs, que processam as informações para o adequado gerenciamento dos processos automatizados.

2.4 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Os inversores de frequência são equipamentos eletrônicos fundamentais dentro do ambiente industrial, visto que, tem como finalidade realizar o controle preciso de velocidade de motores de indução trifásicos.

Ademais, possuem a capacidade de realizar o controle da rampa de aceleração e de desaceleração dos motores, esses sistemas são feitos através da variação da frequência entregue ao motor ao longo do tempo, o que por sua vez, é essencial para garantir a proteção do motor e das cargas acopladas a ele, proporcionando uma suavidade no acionamento, no desligamento, garantindo uma velocidade adequada para os processos industriais.

Adiante, existe uma relação fundamental para ser realizar o controle de velocidade através da frequência, que pode ser observada na equação 1:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p} \quad Eq. (1)$$

Onde,

N_s = velocidade síncrona do motor

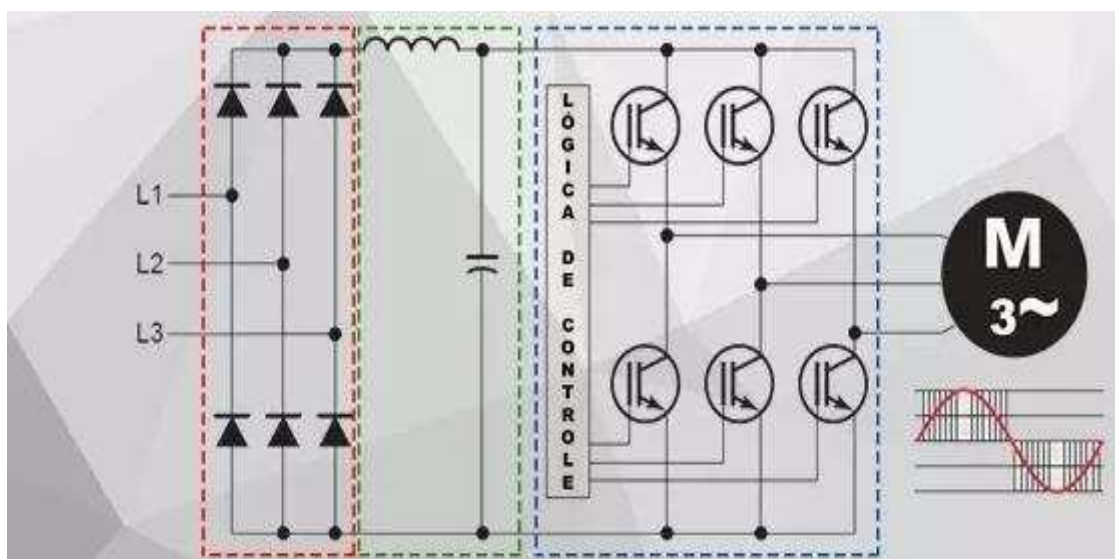
f = frequência da rede

p = número de polos

Com isso, pode-se observar que o único parâmetro variável dentro do sistema será a frequência, visto que o número de polos depende de cada motor que será utilizado e 120 é uma constante, logo, alterando o valor de frequência impactará diretamente na velocidade e torque do motor.

Nesse cenário, faz-se necessário compreender todo o circuito interno dos inversores, para se entender como é feito o tratamento da frequência que chega até o motor. Sendo assim, a figura 5, apresenta as etapas internas do circuito do inversor responsáveis pelo ajuste da frequência.

Figura 5 - Circuito interno dos inversores

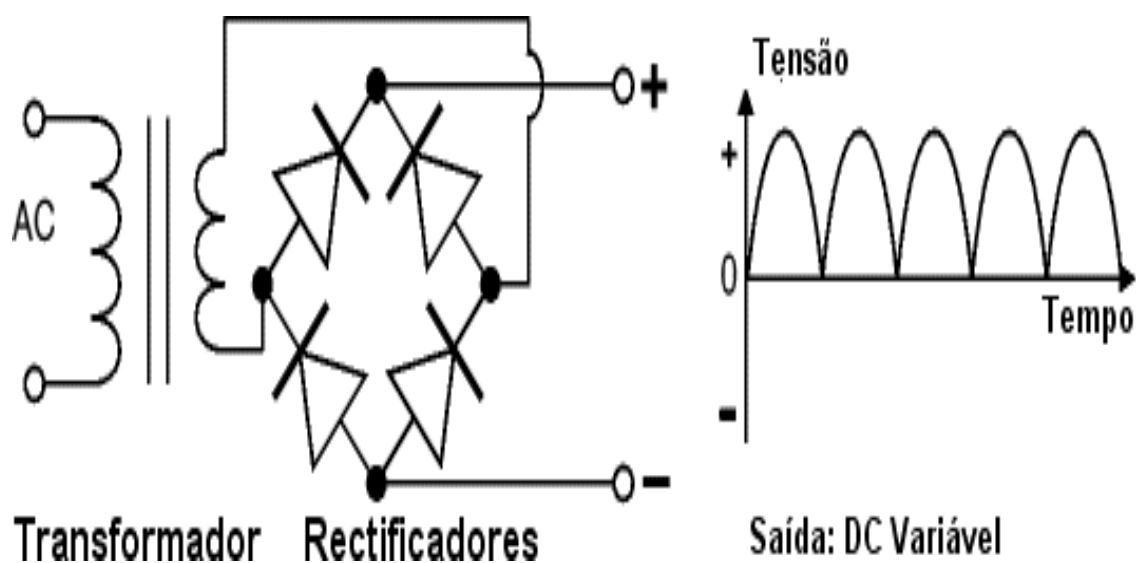


Fonte: Adaptado de Manual da Eletrônica (2025).

O primeiro estágio do circuito retificador, circulado em vermelho na figura 5, tem como objetivo receber a alimentação do sistema através de uma rede trifásica, geralmente 220 V ou 380 V, porém, também pode-se existir inversores com alimentação monofásica 220 V, ambos com frequência de 60 Hz no Brasil.

Nesse estágio, existe uma ponte retificadora de onda completa, composta por dois diodos por fase, que corta o ciclo negativo conforme ilustrado na figura 6 abaixo, gerando em sua saída uma tensão contínua pulsante.

Figura 6 - Retificador de Onda completa



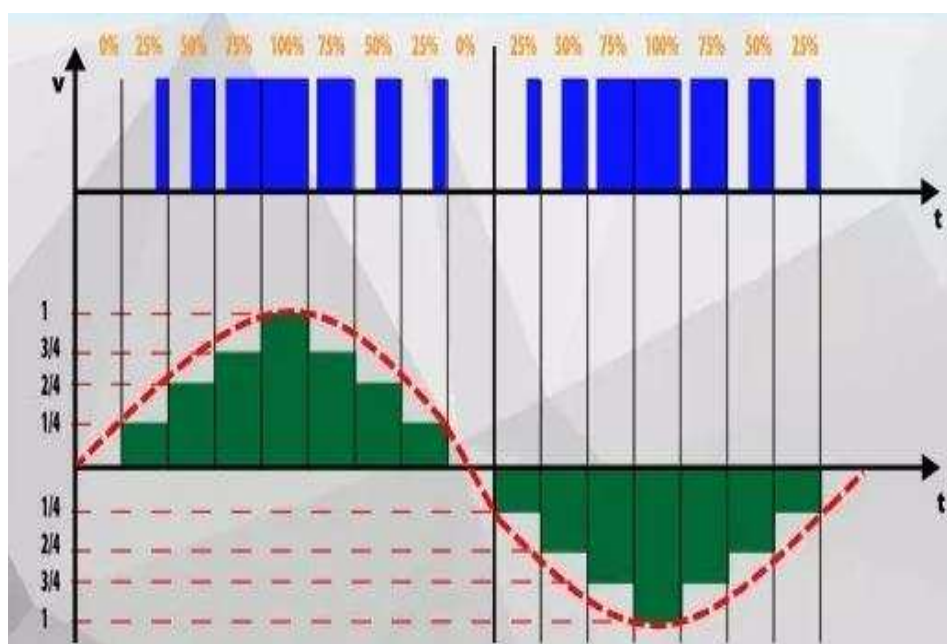
Fonte: ELECTRONICA PT (s.d).

Como a tensão de saída gerada não é propriamente contínua e sim pulsante, é necessário aplicar um filtro composto por capacitores e indutores para se ter um sinal mais próximo do contínuo, o qual é realizado no segundo estágio do sistema como ilustrado na figura 5, circulado em verde. Dessa forma, o capacitor tem a finalidade de diminuir a tensão de ripple gerada e o indutor serve para suavizar a corrente de saída.

No terceiro estágio, demonstrado na figura 5, circulado em azul, é realizado um processo para converter novamente a tensão contínua em tensão alternada que será utilizada para alimentar o motor. Para isso, são utilizados dispositivos semicondutores, geralmente transistores do tipo IGBT, mas também podem ser utilizados GTO, SCR entre outros.

Para isso, é utilizada uma técnica de modulação por largura de pulso conhecida como PWM, que tem a função de chavear rapidamente os transistores milhares de vezes por segundo, esses dispositivos funcionam como interruptores, que ligam e desligam rapidamente para inverter a polaridade da tensão aplicada à carga, simulando uma corrente alternada, criando uma onda senoidal sintética, que na verdade é um conjunto de várias ondas quadradas geradas, como demonstrado na figura 7 abaixo, permitindo assim, controlar a frequência e posteriormente a velocidade do motor através da mudança na largura do pulso. O motor de indução trifásico por sua vez, enxerga apenas a senoide e não o conjunto de ondas quadradas.

Figura 7 – Técnica de modulação PWM



Fonte: Adaptado de Manual da Eletrônica (s.d).

2.5 EXAUSTOR CENTRÍFUGO INDUSTRIAL

Os exaustores centrífugos são equipamentos amplamente utilizados nos ambientes industriais, com a finalidade de realizar a renovação do ar, eliminar gases tóxicos, remover partículas, além de realizarem o controle de temperatura do sistema.

Nesse cenário, operam juntamente com base em um rotor dentro de uma caixa cilíndrica como observado na figura 8, que gera por sua vez, um fluxo de ar, através da conversão da energia mecânica em enérgica cinética.

Sendo assim, o ar é que está presente dentro do sistema é aspirado pelo centro do rotor, através das rotações das pás, fazendo com que o ar seja direcionado para a saída do sistema saída através de tubos ou dutos, dependendo do local a ser instalado.

Exaustores industriais geralmente utilizam motores trifásicos, por possuírem uma maior potência, podendo ser alimentados em 380 V ou tensões específicas dependendo do local a ser instalado, a correta ligação e sistemas de proteções são fundamentais para um bom funcionamento.

Figura 8 - Exaustor centrífugo



Fonte: BRASFAIBER (s.d).

2.6 ESCOVAS DE GRAFITE

Dentro do ambiente industrial, as escovas de grafite desempenham um papel fundamental na operação tanto de motores de corrente contínua quanto alternada, especialmente aqueles equipados com rotor bobinado.

Essas escovas conforme exposta na figura 9, têm como finalidade, conduzir a corrente elétrica entre as partes móveis e estáticas do motor, garantindo que a energia elétrica seja transferida de forma contínua e eficiente, mesmo com o movimento rotativo dos rotores.

Figura 9 - Modelos de escovas



Fonte: JACTRADE (2021).

Sendo assim, essa transferência de energia é fundamental para que o motor gere o torque necessário para acionar máquinas, equipamentos e processos industriais, mantendo o desempenho operacional dentro dos padrões propostos.

Além disso, a eficiência das escovas de grafite depende de diversos fatores, como a composição do material, que geralmente combinam grafite e grafite para oferecer boa condutividade elétrica juntamente com resistência mecânica e térmica, mas também, a pressão de contato exercida pelas molas, às quais ficam dentro de um suporte, que mantém as escovas firmemente apoiadas sobre a superfície de contato no rotor, garantindo a condução contínua de corrente elétrica.

3 CASOS ANALISADOS

Este capítulo apresenta os estudos de caso relacionados às manutenções elétricas realizadas no ambiente industrial de uma empresa local. As intervenções ocorreram durante o período de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sendo conduzidas em conjunto com a equipe técnica da empresa e tiveram como objetivo solucionar falhas identificadas nos equipamentos e sistemas elétricos. A seguir, serão descritos, de forma detalhada, os principais casos práticos, abordando os sintomas observados, diagnóstico, procedimentos executados, ferramentas utilizadas e os resultados obtidos após a intervenção.

3.1 RAMA DE RESISTÊNCIAS

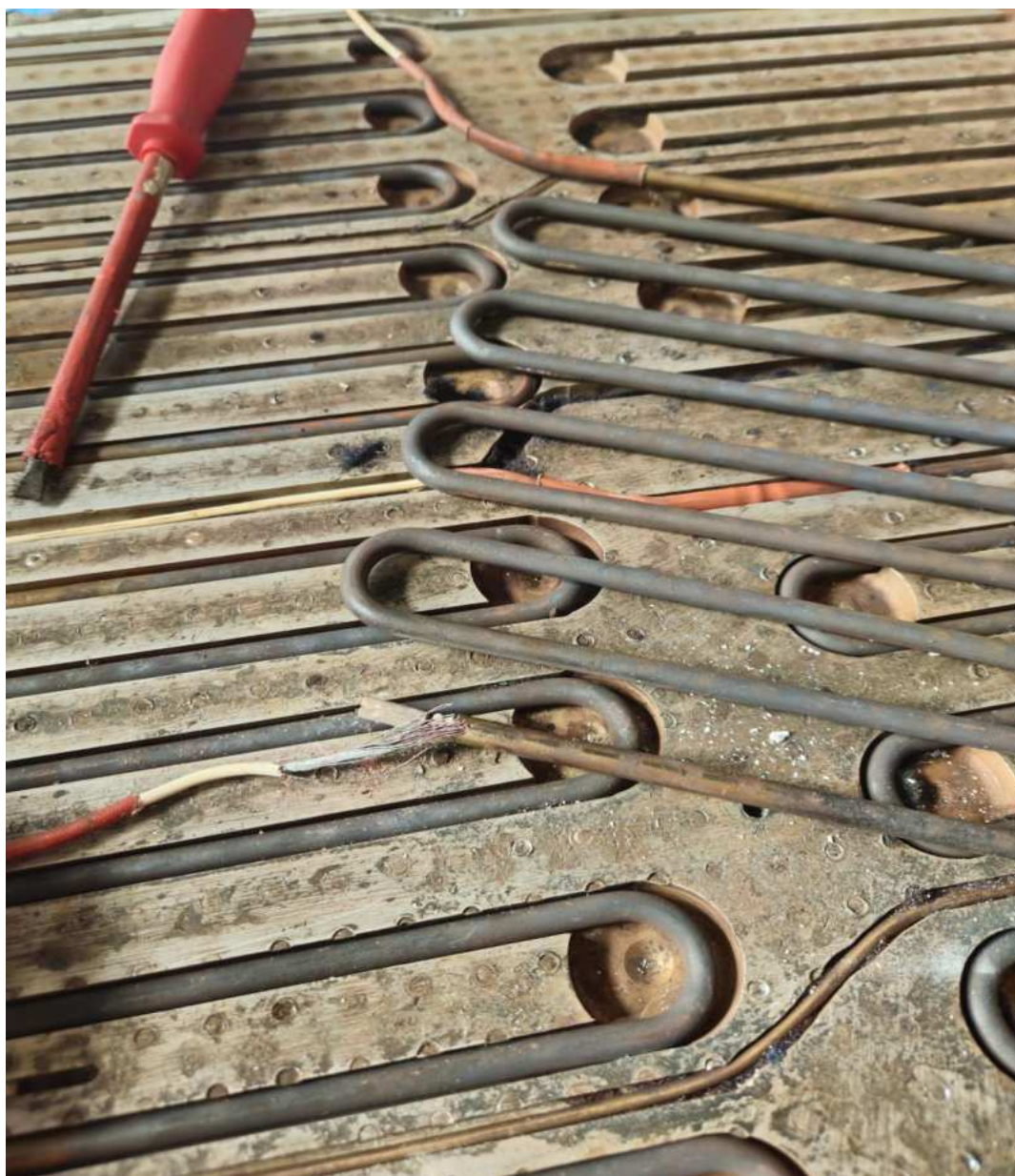
Durante as rotinas de manutenções dentro do ambiente industrial, foi presenciado um caso interessante envolvendo uma rama de resistências, que fazem parte de um maquinário conhecido como Hot-Stamping automática, que tem como principal finalidade transmitir um foil metalizado para um determinado material através do aquecimento de uma rama de resistências que ficam dentro de uma chapa metálica, dando um acabamento mais sofisticado.

Sendo assim, foi alegado pelo operador que a rama não estava aquecendo conforme esperado, o que por sua vez, fazia com que o foil que deveria ser transferido para o material, não estivesse dando contato suficiente e desperdiçando os insumos utilizados, além disso, foi alegado que os controladores de temperatura não estavam chegando ao set-point pré estabelecido pelo operador e que uma hora ou outra o disjuntor associado as resistências estavam disparando.

Nesse contexto, a equipe de manutenção precisou agir de forma imediata para evitar perda de suprimentos e para que a produção não fosse prejudicada ainda mais, logo, foi necessário retirar a chapa metálica para melhor avaliar da situação informada pelo colaborador.

Ademais, após realizar a abertura da rama, conforme ilustrado na figura 10, foi identificado após retirar a proteção térmica, 4 resistências com os terminais de alimentação partidos e foi encontrado dentro do sistema a presença de limalha de ferro, que pode estar associado ao atrito ou vibrações das peças metálicas presentes na máquina que acabam liberando essas pequenas partículas de ferro.

Figura 10 - Rama de resistências



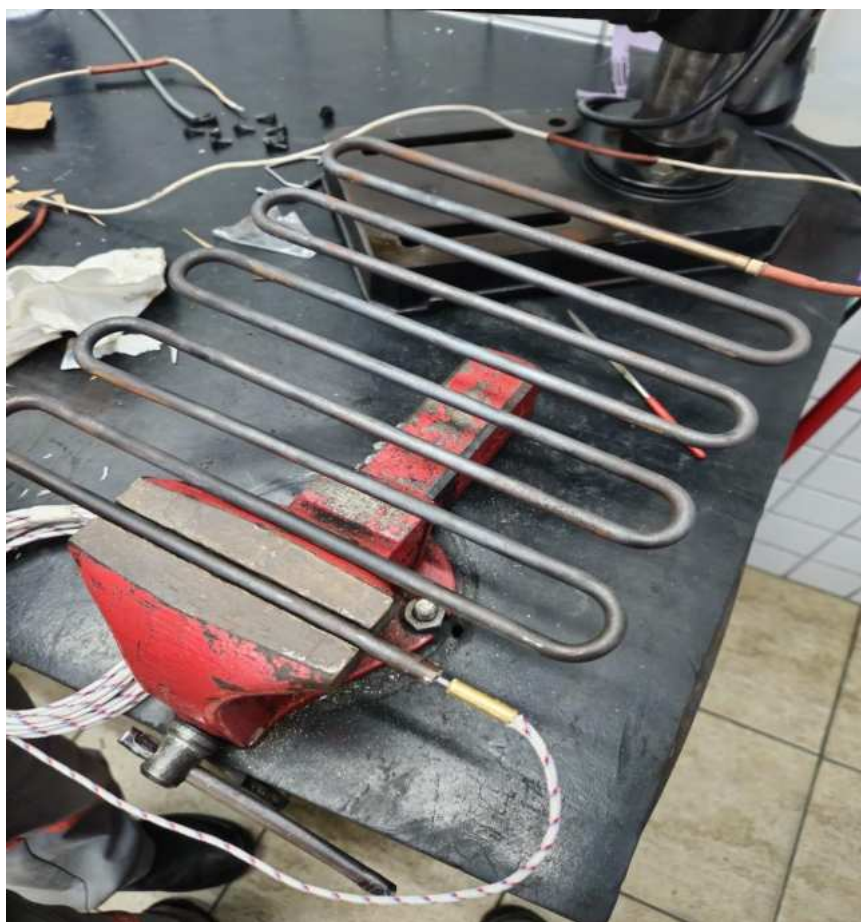
Fonte: Acervo do autor (2025).

Após identificação do rompimento dos terminais, fica esclarecido que a causa pelo desarme dos disjuntores se deve pelo fato de que como o terminal estava rompido, juntamente com o desgaste da isolamento térmica, ao entrar em contato com a superfície metálica acabava acontecendo um curto-circuito, resultando no desarme do disjuntor responsável pela proteção do sistema. Outra provável causa é que através da presença da limalha de ferro no local, a mesma por se tratar de um material condutor, acabava conduzindo corrente elétrica através do terminal exposto, realizando o desarme do disjuntor.

O fato do terminal estar rompido nas resistências presentes no ecossistemas, acabava acarretando no não aquecimento das resistências de maneira uniforme dentro da rama, outro fator antes da identificação do real problema que poderia está acontecendo seria o termopar que está presente dentro da chapa para realização da leitura das temperaturas das resistências poderia estar com defeito e não estaria realizando a leitura correta, o que por sua vez, foi descartado após a identificação dos terminais rompidos, logo, o set-point não chegaria ao valor pré-estabelecido, visto que não aqueceria sem a presença do terminal conectado as resistências.

Com isso, foi necessário realizar a substituição das isolações térmicas, troca dos cabos de alta temperatura, más também, dos conectores, em virtude do desgaste encontrado as partes citadas. Posteriormente, como exposto na figura 11, foi realizado um polimento no terminal das resistências, a qual foi confeccionado por um torneiro mecânico que já tinha realizado esse serviço outra vez, foi conectado com o cabo de alta temperatura e prensado de maneira correta.

Figura 11 - Resistência elétrica



Fonte: Acervo do autor (2025).

Em seguida, foi realizado toda montagem da rama de resistências, feito a limpeza de todas as impurezas, troca das proteções térmicas desgastas e foi instalada no maquinário correspondente novamente.

Após todo esse processo, foi testado todo o circuito o qual funcionou de maneira eficaz, sem nenhum problema eminente no desarme de disjuntor e os controladores chegando ao set point estabelecido, liberando a produção e demonstrando um trabalho eficaz pela equipe de manutenção.

3.2 CURTO EM UMA BOMBA TRIFÁSICA

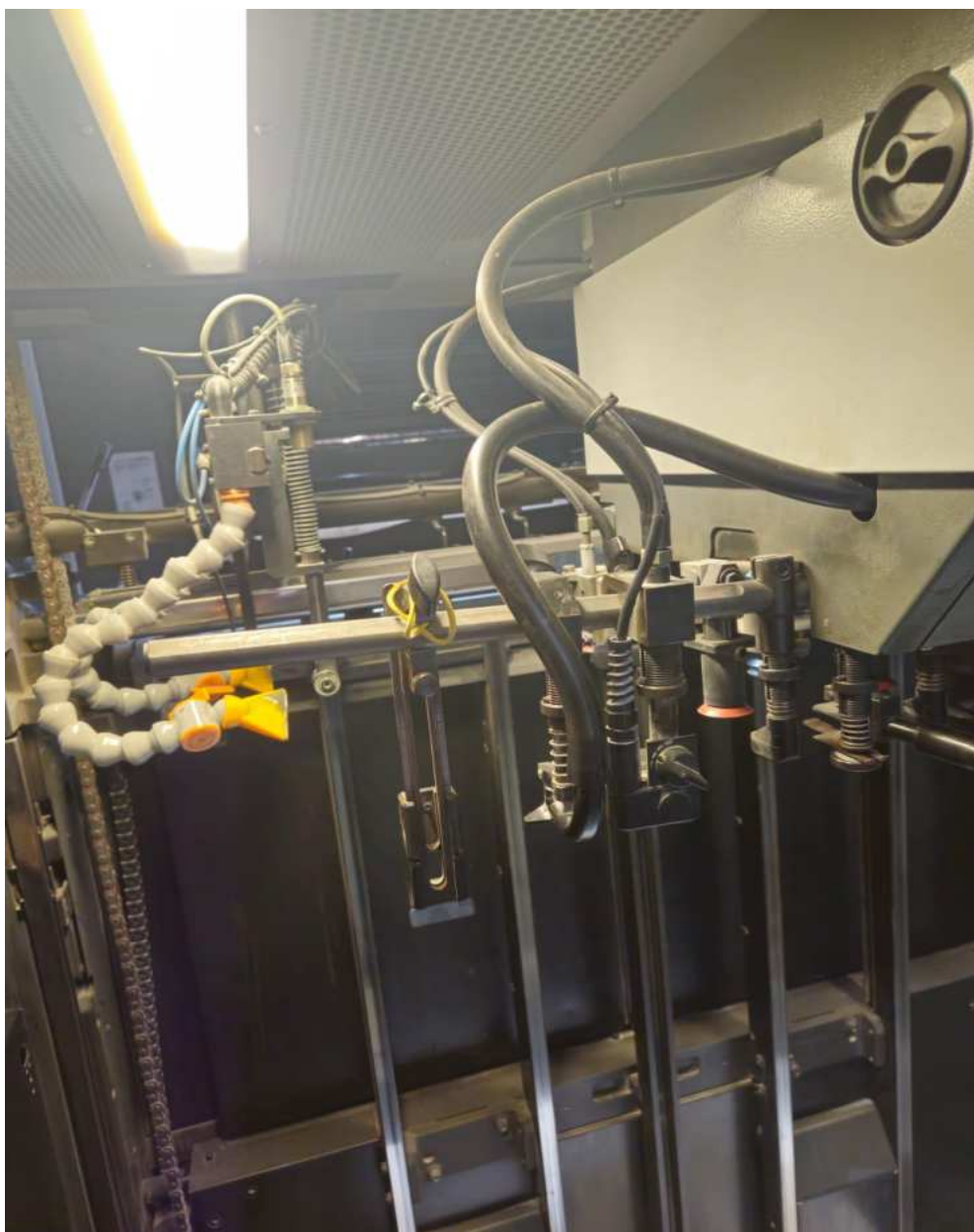
No decorrer das atividades da manutenção elétrica dentro da industrial local, foi presenciado uma ocorrência envolvendo uma bomba de sopro e vácuo, o operador do maquinário, alegou que tanto o sopro quanto o vácuo da máquina estavam apresentando baixo rendimento e prejudicando o material que estava sendo processado.

Nesse contexto, o sistema de sopro tem como finalidade realizar o alinhamento das folhas através de alguns bicos laranjas presentes em algumas partes das máquinas como demonstrado na figura 12, realizando trabalho fundamental para que o papel não entre torto na máquina fazendo com que algum sensor reflexivo atue acusando folha fora do lugar ou gere acúmulo de folhas acusando que existe folha dupla no sistema.

Ademais, o sistema de vácuo trabalha em conjunto com chupetas de borracha acopladas a um mecanismo automatizado para realizar a sucção da folha e transferir a mesma para a entrada da máquina e iniciar o processo de impressão, como pode ser observado também na figura 12.

Sendo assim, os dois processos precisam estar funcionando de maneira eficaz para que a máquina consiga trabalhar em seu estado pleno e não venha prejudicar a produção do material, gerando desperdício de tempo e renda para a empresa.

Figura 12 - Sistema de sopro e sucção



Fonte: Acervo do autor (2025).

Logo, foi realizado uma investigação minuciosa para identificação do problema, ao realizar a abertura da tampa da bomba que dá acesso as palhetas de grafite presentes na mesma, foi constatado que elas estavam desgastadas, o que por sua vez acaba não vedando de forma correta os espaços necessários que geram perda de rendimento, diminuindo a sucção e sopro do sistema utilizado.

Com isso, é necessário que a bomba realize mais trabalho para manter a pressão desejada, causando um aquecimento excessivo que também foi presenciado pela equipe ao chegar no local para realizar averiguação.

Em continuação, o motor, ao tentar compensar a perda de desempenho da bomba, pode operar acima da corrente nominal, o que acarretou no aquecimento dos enrolamentos, gerando posteriormente um curto entre as bobinas. Para realizar a solução imediata do caso em estudo, se fez necessário realizar a troca da bomba por uma substituta que já se encontrava em um dos armários de outro maquinário de reserva.

Para prosseguir, foi necessário pegar os dados de placa da bomba, para comparar qual o tipo de fechamento da mesma, se seria compatível, sendo ele 220V/380V ou outra tensão trifásica, estrela ou delta, más também os dados de geração de sopro e vácuo para saber se seria compatível com o ecossistema.

Com todos os dados já em mãos e verificado a compatibilidade, foi colocado na bomba substituta palhetas de grafites novas pela equipe mecânica como demonstrado na figura 13, foi identificado também que o fechamento utilizado na bomba era em delta 400 V $\pm$ 10 % trifásico, identificado através da placa de dados.

Figura 13 - Palhetas de grafite



Fonte: Acervo do autor (2025).

Em sequência antes de colocar de fato para produzir na máquina, se fez necessário a identificação do sentido de giro do motor, visto que ao girar no sentido contrário pode

ocasionar na quebra das palhetas, sendo assim, após instalar e realizar o fechamento elétrico da bomba é dado um pequeno pulso para ver se o sentido de giro está correto, podendo prosseguir para próxima etapa.

Para finalizar, devido ao grande peso da bomba e difícil deslocamento, o teste foi feito na própria máquina, para saber se a bomba estava funcionando de maneira correta e correspondendo aos dados de placa, com isso, após todos os testes de palhetas e sentido de giro, foi realizado o teste de funcionamento para saber se a corrente medida seria compatível com os dados da placa.

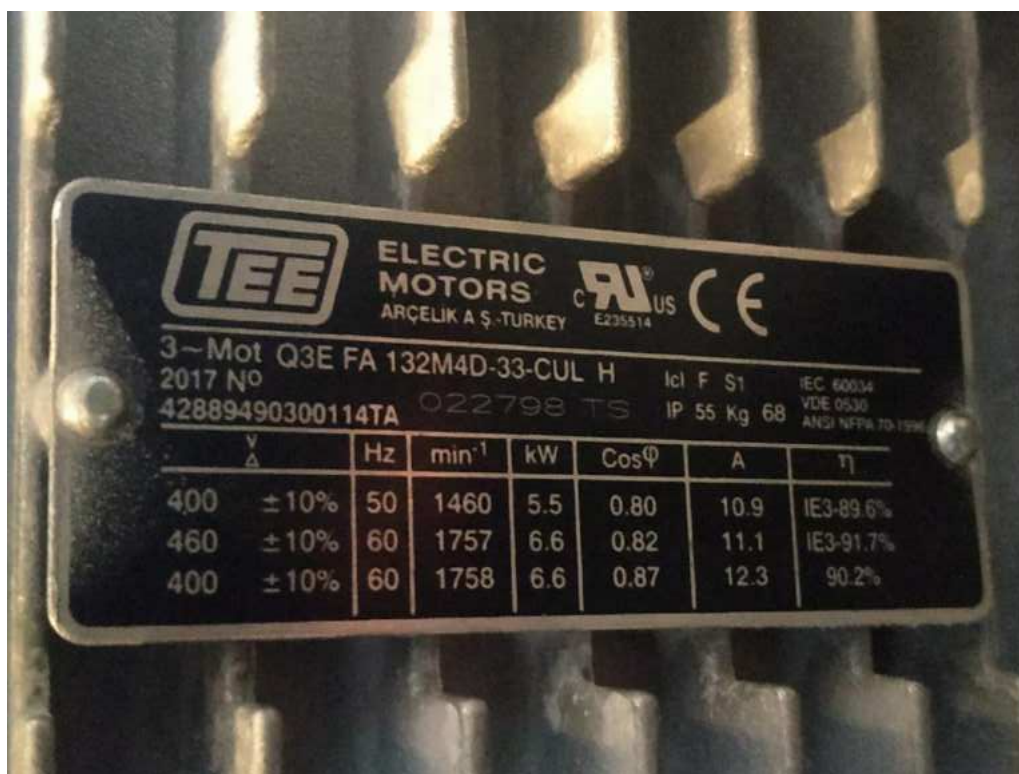
Nesse cenário, foi utilizado um alicate amperímetro em uma das fases do motor como exibido na figura 14, onde foi registrado um valor de 7,48 A, o que corresponde ao valor próximo da placa que é de 12,3 para uma alimentação de 400 V no seu funcionamento pleno para o fechamento em delta como mostrado na placa do motor exposto na figura 15. Essa diferença pode se dar pelo fato que a bomba não estava trabalhando em plena carga no momento da operação, além da incerteza presente no multímetro.

Figura 14 - Medição de corrente



Fonte: Acervo do autor (2025).

Figura 15 - Placa de dados da bomba



Fonte: Acervo do autor (2025).

Por fim, foi acompanhado pela equipe durante o restante do dia para ver se aconteceria alguma inconsistência, o que não foi apresentado, demonstrando uma boa atuação e rápida eficácia na solução do problema eminente.

3.3 FALHA EM UM SENSOR FOTOELÉTRICO DE BARREIRA

Dando continuidade aos casos de estudo na manutenção dentro da empresa local, foi averiguado uma ocorrência envolvendo o uso de um sensor fotoelétrico de barreira, onde ele possui dois sensores, sendo um o emissor e o outro o receptor, criando assim uma barreira de luz entre os dois e caso essa divisória seja rompida através de algum material a mesma interrompe o sistema através de um controlador podendo ser um CLP.

Sendo assim, em um maquinário responsável pelo corte e vinco do papel, há uma lona com a função de acumular temporariamente o papel enquanto a pilha cheia, já sobre o palete, desce para ser descarregada. Após esse processo, o palete retorna à posição original para então receber o material acumulado, garantindo segurança e continuidade no fluxo, conforme ilustrado na figura 16.

Figura 16 - Sistema de saída da máquina



Fonte: Acervo do autor (2025).

Diante disso, foi alegado pelo operador que ao pressionar o botão para que a lona vá até a posição definida, a mesma não estava funcionando impedindo o funcionamento da máquina.

Nesse contexto, foi necessário a intervenção por parte da equipe de manutenção, dando início a investigação do funcionamento do processo para realizar a solução do problema existente, ao chegar no local foi constatado a presença dos sensores fotoelétricos de barreiras (emissor e receptor) conforme a figura 17, ao analisar a IHM da máquina, foi identificado que o mesmo possuía referência PH5, cujo foi acusado que o mesmo estava ficando acionado continuamente.

Figura 17 - Emissor e receptor

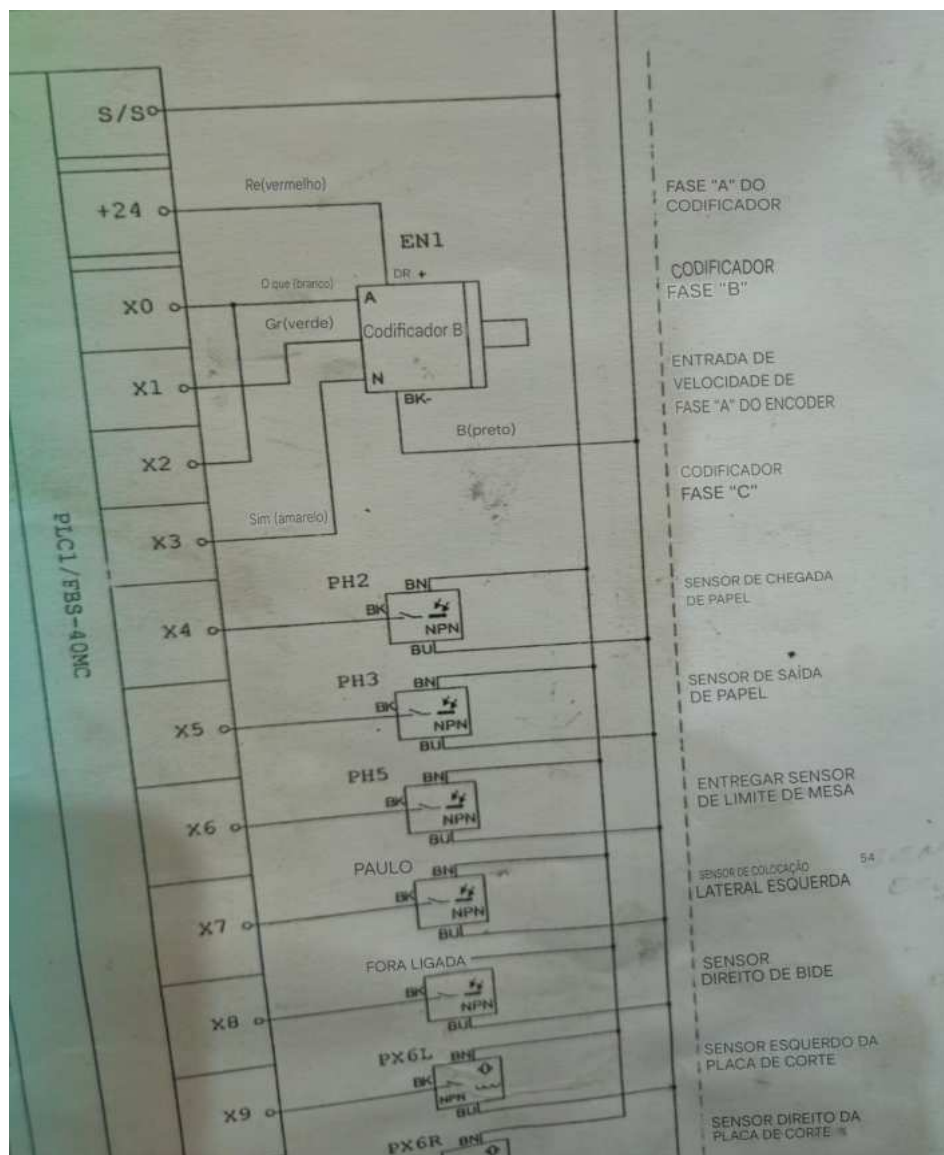


Fonte: Acervo do autor (2025).

Em continuação, foi verificado no manual do maquinário, o funcionamento do sistema juntamente com a finalidade dos sensores de barreira, foi constatado conforme figura 18, que os sensores de barreira são responsáveis por definir o limite superior da

mesa, indicando que chegou na posição máxima que é a correta para realizar o recebimento do papel, o que impossibilita que a lona seja acionada.

Figura 18 - Manual da máquina



Fonte: Acervo do autor (2025).

Dando prosseguimento ao estudo analisado, a máquina só entrará em funcionamento quando a mesa estiver posicionada sobre os sensores de barreira e a lona estiver recolhida, caso a lona esteja ativa a mesa deve estar fora do limite máximo estabelecido pela barreira de luz, para que o funcionamento aconteça.

Contudo, ao chegar no local, mesmo com a mesa fora de posição ao pressionar o botão da lona, a mesma não se movia, após toda análise foi identificado que, um pequeno papel estava grudado em um dos sensores de barreira, o que por sua vez indicava para o

sistema que a mesa estava na posição correta para receber todo material sem a necessidade de que a lona fosse acionada.

Após esse diagnóstico e todo estudo de rastreiro dos sensores e interpretação de digrama, foi possível chegar ao sensor correto, retirando o papel que estava sobre o sensor, liberando para que o operador posicionasse a lona quando necessário e voltasse a trabalhar de forma eficiente.

Logo, uma boa análise da situação junto com a interpretação de manuais e conhecimento técnico por parte da equipe, culminou para que chegassem na descoberta e solução do problema existente no local, liberando a máquina para produção, onde fica a lição de que até os menores e mais improváveis problemas podem acontecer em algum momento.

3.4 AJUSTE DE VELOCIDADE EM UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Em um determinado maquinário, existe um inversor de frequência que ajusta a velocidade de um motor trifásico ligado a uma esteira por meio de um potenciômetro através de sua entrada analógica.

Segundo o operador, mesmo realizando o ajuste do potenciômetro no painel conforme exposto na figura 19, o mesmo não interferia na velocidade da esteira, prejudicando assim a produção.

Figura 19 - Potenciômetro



Fonte: Acervo do autor (2025).

Nesse cenário, ao analisar a situação, foi aberto o painel principal para se ter acesso aos terminais do potenciômetro como mostrado na figura 20, para realização de medições com o multímetro, para ver se o mesmo se encontrava em bom estado, além disso, foi identificado que o trilho do potenciômetro estava desgastado, ao realizar a medição do valor de resistência foi comprovado que o mesmo não chegava no valor máximo definido que era de 10 k Ω , sendo necessário realizar a troca por um equivalente.

Figura 20 - Painel da máquina



Fonte: Acervo do autor (2025).

Sendo assim, após realizar a abertura do painel frontal, realizar a identificação e testes no potenciômetro, foi identificado que o mesmo estava conectado a um inversor da Schneider. Foi detectado no manual do fabricante que é recomendado o uso de um potenciômetro de 5 k Ω . Em prosseguimento, foi realizado a instalação do potenciômetro de 5 k Ω , e realizado testes com o operador, que por sua vez, alegou que a velocidade da esteira estava abaixo da que costumava utilizar.

Nesse contexto, com os conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia elétrica, foi identificado que seria necessário realizar o ajuste dos parâmetros de frequência mínima e máximo dentro do inversor para realizar a alteração da velocidade, visto que a velocidade está diretamente ligada a frequência do sistema conforme demonstrado na equação 1, fazendo com que o motor gire em uma velocidade compatível com a esperada pelo operador.

Com isso, foi utilizado o manual do fabricante para identificação do acesso aos parâmetros correspondentes e realização da alteração de maneira correta, para que não venha prejudicar a produção. Posteriormente, com a alteração dos parâmetros corretos, foi realizado testes pelo operador e pessoal da manutenção, onde foi constatado o correto funcionamento da velocidade da esteira, demonstrando a importância do conhecimento técnico para resolução dos desafios existentes.

Além disso, fica subentendido que algum operador tenha alterado algum parâmetro em outro turno tentando sanar o problema sem ter o conhecimento necessário, visto que o inversor não possuía senha de acesso.

Por fim, foi registrado pelo estudante as configurações de acesso e uma sequência de passos para realizar a alteração dos parâmetros do inversor referentes à frequência de operação, na ordem de serviço, conforme figura 21. Com isso, em casos futuros caso seja necessário um novo ajuste por algum integrante da parte elétrica da manutenção, se tenha um mini roteiro do que deve ser feito para sanar o problema.

Figura 21 - Ordem de serviço

Informações Gerais				Padrões de Execução		
Filial: 1 - MATRIZ-PRODUÇÃO Solicitante: 144 - ADENISIO DOS SANTOS Responsável: Setor Executante: 002 - ELETRO-ELETRONICO Tipo de Manutenção: 005 - MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA Centro de Custo: 012 - VERNIZ Localização: 001 - PRODUÇÃO				Prazo de Entrega:	28/03/2025 13:26:59	
				Tempo de Execução:	01:00 Real	
				Tempo de Interferência:	00:00 Prevista	
				Prioridade:	Alta	
				Garantia da Aplicação:		
Serviço Solicitado: velocidade da esteira está apresentando problemas não aumenta a velocidade da curadora de verniz uv.						
Observações: Para alterar as os parâmetros de velocidade máxima e mínima seguir as seguinte instruções: 1º Aperte no meio do botão do inversor (botão giratório); 2º Após pressionado, deve entrar nos parâmetros, gire o botão até encontrar o comando Set e pressione novamente para entrar dentro do parâmetro; 3º Girando o botão para escolher a função dentro do parâmetro escolha entre LSP (frequência mínima) ou HSP (frequência máxima); 4º Após definir qual irá alterar clique no botão quando estiver em LSP ou HSP e defina o valor girando o botão; 5º Após escolher o valor desejado pressione novamente o centro do botão para salvar o parâmetro; 6º Clique no botão ESC para ir voltando até a tela inicial, que ficara com rdy até que a esteira seja iniciada.						
Descrição	Material	Uni	Qtde.	Ocorrência	Causa	Serviço
Foi identificado o potenciômetro (10 K) com defeito, o mesmo foi substituído por um de (5 k).			0,0			
Instruções para alterar parâmetro de velocidade no campo observações.			0,0			

Fonte: Engeman (2025).

3.5 CHAVE EM CURTO

Durante a verificação de um problema operacional no lavador, foi relatado pelo operador da máquina que uma chave da marca MarGirius 220 V monofásica apresentava sinais de curto-circuito, gerando faíscas no momento da tentativa de acionamento. Segundo o relato, a falha na chave impedia a partida correta do equipamento, impossibilitando o funcionamento da máquina de forma segura e eficiente.

Sendo assim, ao analisar a situação foi identificado um grande desgaste na chave, fita isolante na tentativa de isolar o condutor das impurezas e a presença de muita sujeira, principalmente o acúmulo de tinta como exibido na figura 22.

Figura 22 - Chave Margirius



Fonte: Acervo do autor (2025).

Ademais, fez-se necessário realizar a abertura da chave, para verificação do estado dos contatos, onde foi notado que os condutores estavam folgados, completamente sujos e um dos bornes de contatos estavam danificados, possivelmente pela folga gerada que acarretou a abertura de pequenos arcos que geram o faiscamento, chegando a derreter a estrutura, como exposto na figura 23.

Figura 23 - Chave danificada



Fonte: Acervo do autor (2025).

Nessa situação, foi necessário realizar a troca da chave por um modelo compatível e com as mesmas características de ligação, liberando o completo funcionamento do lavador.

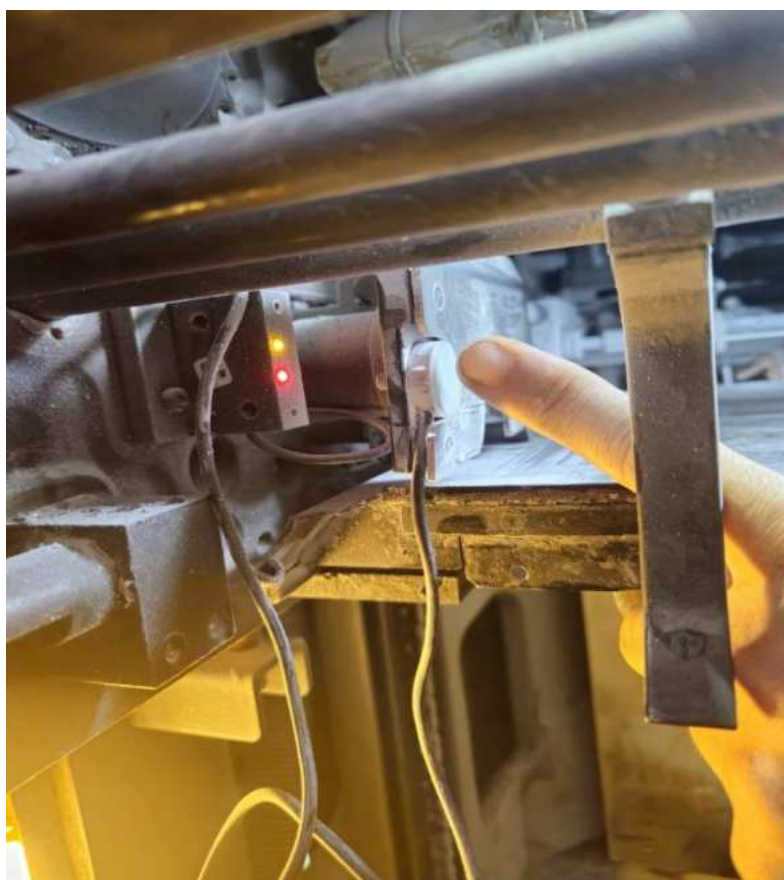
Além disso, foi repassado aos colaboradores alertas para prevenção, para que sempre realizassem a limpeza da chave após notarem o acúmulo de tinta e outras impurezas, com a chave fora da alimentação, garantindo assim uma maior vida útil e segurança dos operados, também foi realizado o acompanhamento do funcionamento e da limpeza da chave para que nada acontecesse de forma equivocada.

3.6 SENSOR DE NÍVEL DE PILHA DE PAPEL

Com o decorrer das atividades de manutenção dentro do ambiente industrial, em uma determinada impressora de grande porte denominada SM – 52 da Heidelberg, foi constatado pelo operador da máquina que, na saída do maquinário, um sensor capacitivo de proximidade, conforme ilustrado na figura 24, estava apresentando falhas. A função desse sensor é monitorar o nível da pilha de papel que vai se acumulando durante a impressão. Quando a pilha de papel impresso se aproxima do sensor (atingindo o nível configurado), ele detecta a presença do material, acionando o mecanismo para que a mesa onde o papel está empilhado desça, evitando o acúmulo excessivo e o travamento do maquinário.

No entanto, devido à falha do sensor, a mesa não descia automaticamente, sendo necessária a intervenção manual para liberar a descida da mesa e remover o papel acumulado. Esse problema comprometia o funcionamento contínuo da impressora, exigindo atenção constante dos operadores para evitar paradas não programadas.

Figura 24 - Sensor capacitivo



Fonte: Acervo do autor (2025).

Em sequência, ao realizar a análise da situação, foi informado pelo operador que o sensor era ainda original de fábrica e nunca havia sido trocado, como o maquinário já é um pouco antigo, foi constatado que o sensor já estava com muitos ciclos de operação e próximo do fim da sua vida útil.

Também foi realizado testes no sensor que possuía três cabos, sendo um de alimentação +24 VDC, um de referência e outro para envio de sinal ao controlador, foi identificado que o sensor era do tipo PNP que envia um sinal positivo ao controlador, ao verificar o acionamento utilizando uma fonte de bancada e um multímetro, foi constatado que o sinal ficava falhando, comprovando que precisaria ser trocado.

Além disso, outro fator importante a ser considerado e que estava prejudicando ainda mais para que o sensor falhasse, é o acúmulo de pó antimaculador que tem como finalidade evitar que folhas recém impressas venham a grudar e estragar o material impresso, como pode ser notado na figura 24, onde a região encontra-se um pouco esbranquiçada devido a esse acúmulo, o que pode gerar uma película sobre o sensor acusando um falso positivo e descendo a mesa ou até mesmo deixando de acionar quando necessário.

Nesse cenário, foi rastreado a tag associado ao sensor e consultado no manual a sua referência através do conhecimento técnico da equipe da manutenção, com isso, foi realizado a comunicação com a equipe da Heidelberg fabricante da máquina, repassado todos os parâmetros e realizado a compra de um novo sensor do mesmo modelo.

Sendo assim, após a chegada do novo sensor, foi instalado na máquina e apresentou funcionamento normal, facilitando o trabalho do operador que estava fazendo esse processo manual podendo acarretar algum acidente futuro. Logo, foi de extrema importância a eficiência para rastrear o modelo do sensor, realização de testes e compra de um novo sensor equivalente para que a situação fosse resolvida o mais rápido possível.

3.7 MOTOR DE EXAUSTÃO TRIFÁSICO

Em um determinado maquinário, dentro do ambiente industrial, foi informado pelo operador, que ao iniciar a máquina, a mesma estava desligando após alguns segundos depois de ligada.

Adiante, ao chegar no maquinário para investigar a principal causa do sistema, ao abrir o painel principal foi identificado um dos disjuntores desarmados. Logo, após consultar o manual da máquina foi identificado que o disjuntor que estava atuando se

referia a proteção do motor trifásico de 380 V, do tipo centrífugo, utilizado no sistema de exaustão, o qual tinha como finalidade criar um fluxo de ar para retirar o ar quente do sistema, visto que a cura do verniz é feita utilizando lâmpadas de vapor de mercúrio de alta potência que dissipam muito calor.

Ao identificar o motor que fica por baixo da máquina acoplado a uma tubulação de ar como exposto na figura 25, foi notado que o mesmo estava extremamente quente, apresentando uma indicação de sobrecarga ou curto-circuito. Ao realizar a medição de continuidade entre a bobina e a carcaça, acusou continuidade, indicando rompimento interno da bobina que por sua vez estava encostando na carcaça gerando o curto.

Figura 25 - Motor de exaustão



Fonte: Acervo do autor (2025).

Além do motor em curto, foi identificado que a tubulação apresentava um rasgo em sua estrutura. Diante disso, o motor foi encaminhado para uma empresa terceirizada, que realizou o seu rebobinamento, e uma nova mangueira foi adquirida para substituição no sistema.

Em seguida, após a chegada do motor e da mangueira, ambos foram devidamente instalados.

Os testes necessários foram realizados, a máquina foi liberada para produção e todo o funcionamento do sistema foi acompanhado, não sendo constatada nenhuma falha no ecossistema.

Conclui-se, portanto, que o conhecimento técnico na identificação do curto-circuito no motor, aliado à rápida atuação, foi essencial para a resolução do problema.

3.8 SOBREAQUECIMENTO NO MOTOR DO ESQUADRO

Seguindo com o desenvolvimento dos estudos de caso, durante o início de turno, o operador responsável pela máquina conhecida como guilhotina Polar, comunicou à equipe de manutenção que o equipamento não estava liberando para operação, apresentando em seu visor a mensagem de erro sobreaquecimento no motor do esquadro.

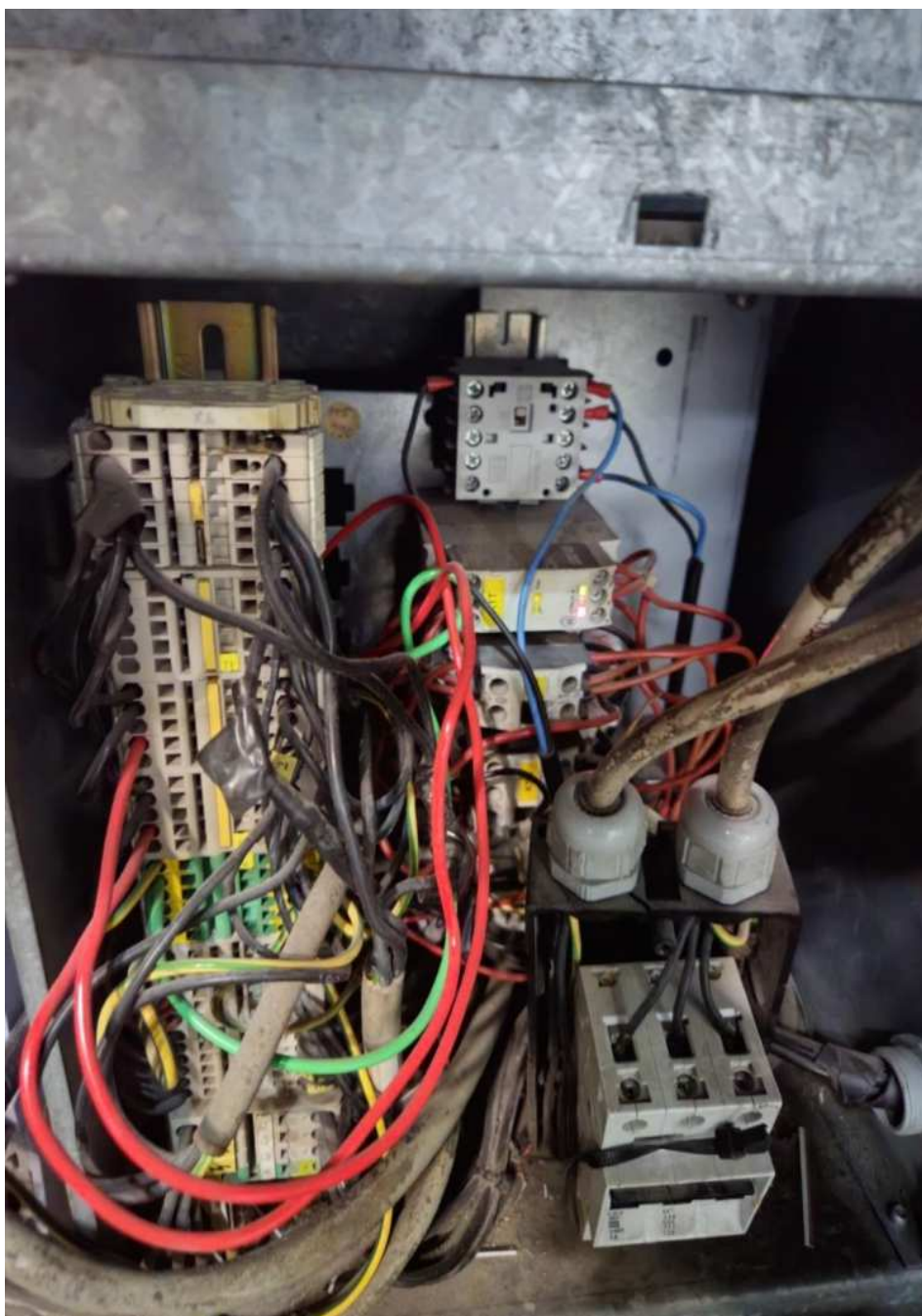
Diante da ocorrência, os técnicos foram acionados prontamente para investigar a origem da falha e restabelecer o funcionamento do equipamento o mais rápido possível, evitando impactos na produção.

Ao iniciar os testes e verificações, foi identificado que o motor do esquadro estava frio, e com suas bobinas integras, após realizar testes de continuidade e resistência, porém, o contato auxiliar 43/44 do tipo normalmente aberto (NA), localizado no bloco de contatos auxiliares de um dos contatores, apresentava defeito funcional.

Sendo assim, com a utilização de um multímetro, foi constatado que o mesmo não fechava os contatos quando a bobina do contator era energizada, comprometendo o circuito de comando.

Esse componente é fundamental para o funcionamento correto do sistema, pois sua falha pode interromper o sinal de controle e impedir o acionamento da máquina, o bloco de contatos auxiliares, assim como outros componentes importantes do circuito, pode ser observado na figura 26.

Figura 26 - Bloco de contatos



Fonte: Acervo do autor (2025).

Com isso, se fez necessário realizar a troca do bloco de contatos auxiliares, porém, mesmo após realizar a substituição do componente defeituoso, a máquina continuou apresentando falha no acionamento principal.

Nesse contexto, dando continuidade à análise, foi identificado que não havia tensão entre os terminais 416/417, onde se esperava a presença de 25 VDC. Essa ausência de alimentação indicava um problema mais profundo no circuito de controle.

Após uma inspeção minuciosa, foi identificado que a placa AC (Corrente alternada), responsável pela distribuição de energia aos fusíveis F3, F4, F5 e F6, como visualizada na figura 27, estava mal encaixada, o que impedia o fornecimento correto de tensão a partes importantes do sistema.

Figura 27 - Placa AC



Fonte: Acervo do autor (2025).

Com o devido encaixe da placa, a alimentação foi restabelecida, e os testes foram repetidos. A máquina voltou a operar normalmente, sem apresentar novos erros.

Dessa forma, o que ocorreu foi uma falha na leitura dos sinais de status do motor, ocasionada pelo mau contato na placa AC e pelo defeito no bloco de contatos auxiliares. Como o sistema não conseguia interpretar corretamente as condições de operação do motor, possivelmente a lógica de segurança entendeu a ausência de sinal como uma situação de risco, gerando um erro de sobreaquecimento como forma de proteção.

A atuação ágil e precisa da equipe permitiu identificar múltiplas causas para a falha e solucioná-las de forma eficaz, garantindo a retomada segura da operação e evitando prejuízos maiores à produção.

3.9 FALHA POR DESGASTE DA ESCOVA DE GRAFITE

Durante as rotinas de manutenção existente dentro do ambiente industrial da empresa local, foi constatado pelo operador de uma das máquinas, que a mesma não estava iniciando e impossibilitando o trabalho fosse realizado pelo colaborador.

Sendo assim, ao chegar no local onde se encontrava o maquinário, foi analisado e identificado que as escovas de grafite presente no porta escovas estavam desgastadas, conforme ilustrado na figura 28, onde se tem a escova desgastada retirada da máquina e outra em perfeitas condições de uso, que estava presente no estoque de materiais.

Figura 28 - Escovas de grafite



Fonte: Acervo do autor (2025).

Vale salientar que a identificação foi feita de maneira rápida, devido ao conhecimento técnico que a máquina possui essas escovas e que com o passar do tempo elas se desgastam.

Nesse contexto, as escovas possuem um papel primordial para o funcionamento da máquina, visto que sua principal atribuição é conduzir a passagem de corrente elétrica e manter uma conexão elétrica entre as partes estacionárias e móveis da máquina, possibilitando assim a sua plena operação.

Ademais, na máquina em questão, a mesma possuía um motor trifásico bobinado com a presença de anéis coletores montados sobre seu eixo que giram em conjunto com o rotor, conforme ilustrado na figura 29, logo, as escovas que estão presentes em um porta escovas são mantidas em contato constante com os anéis coletores através de uma mola que as pressionam sobre os anéis.

Figura 29 - Anéis coletores



Fonte: Acervo do autor (2025).

Sendo assim, o estator do motor é alimentado por corrente alternada trifásica, que cria um campo magnético girante. Esse campo induz corrente elétrica nas bobinas do rotor, que estão conectadas aos anéis coletores.

As escovas de grafite, pressionadas por molas, fazem o contato elétrico entre os anéis e o circuito externo, permitindo que a corrente percorra o rotor e, quando presente, passe pelos resistores externos antes de retornar ao circuito.

Durante a partida, os resistores do circuito externo limitam a corrente elevada que circularia pelo rotor, aumentam o torque inicial e reduzem o aquecimento. À medida que o rotor atinge a velocidade nominal, esses resistores são curtos-circuitados, e o motor passa a funcionar apenas com a corrente induzida pelo campo do estator.

Nesse contexto, com o desgaste das escovas o contato com os anéis coletores é perdido, interrompendo o circuito do rotor. Sem corrente no rotor, não é gerado campo magnético suficiente para interagir com o estator, e o motor deixa de produzir torque, parando de funcionar. Além disso, o desgaste pode causar faíscas, aquecimento localizado e danos mecânicos ou carbonização das escovas.

Logo, foi realizado a troca da escova pela equipe da manutenção por uma em condições normais de operação como já mostrado na figura 28, realizado teste de operação, feito todo acompanhamento, onde o sistema funcionou perfeitamente, sanando assim, o problema existente no processo.

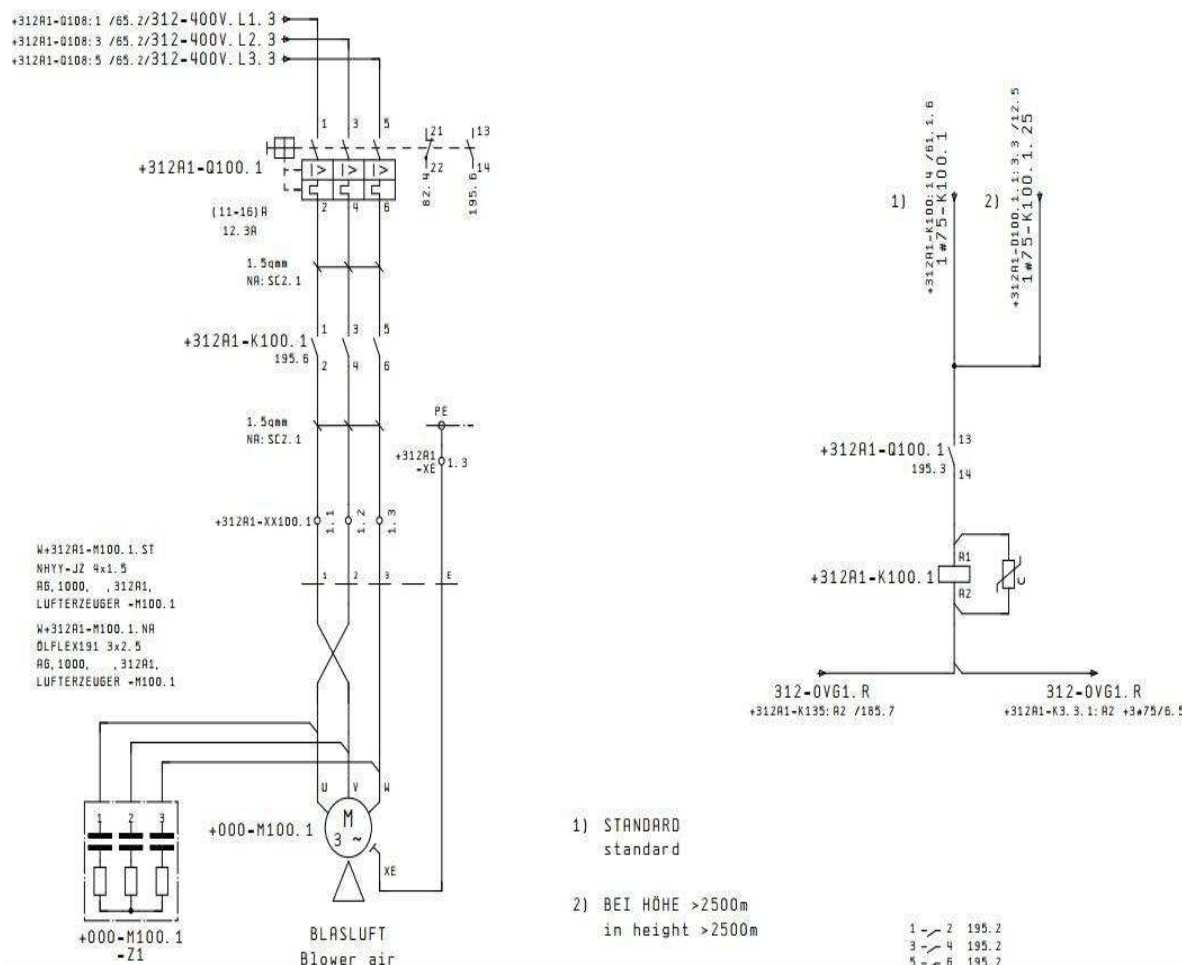
Com isso, foi feito um melhor acompanhamento com definição de prazos semanais para verificação dos estados das escovas, para que a mesma seja trocada em um momento oportuno e quando necessário, evitando que o maquinário venha a parar de maneira indesejada.

3.10 IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE SOPRO AUTOMÁTICA

Dando prosseguimento aos estudos de caso, em uma impressora de grande porte, existe um sistema de pó antimaculador que tem a finalidade evitar que as folhas grudem após saírem da impressora danificando o material, como já explicado anteriormente.

Nesse cenário, para que o sistema de pó funcione de maneira correta, existe uma bomba de sopro que é acionada por um contator, toda vez que uma folha é identificada por um sensor, onde a informação de leitura é enviada para o CLP que possui vez através do diagrama em ladder, aciona uma saída a relé do CLP que energiza a bobina do contator K100.1 responsável pela bomba, como exposto na figura 30.

Figura 30 - Esquema de ligação da bomba



Fonte: Manual KBA (2025).

Com isso é gerado o sopro e o pó é transferido para dentro da máquina e fixando no papel para que não venha grudar ao se acumular na saída do maquinário. Porém, as palhetas presentes internamente na bomba estavam se desgastando muito rápido, o que gerava um grande custo com trocas.

Sendo assim, para realizar uma melhoria e economia dentro do ambiente industrial, foi feito uma automatização, para isso foi utilizado a rede de sopro presente no ambiente, um regulador de fluxo, um solenoide 220 V, um fusível e um contator.

Dessa forma, foi instalado na saída da rede de sopro um regulador de fluxo que tem presente nele um manômetro para verificar a pressão, foi feito a regulagem para 1 bar que era o recomendável pelo fabricante da máquina, após o regulador foi instalado a solenoide e derivado a tubulação para o sistema de pó, conforme demonstrado na figura 31.

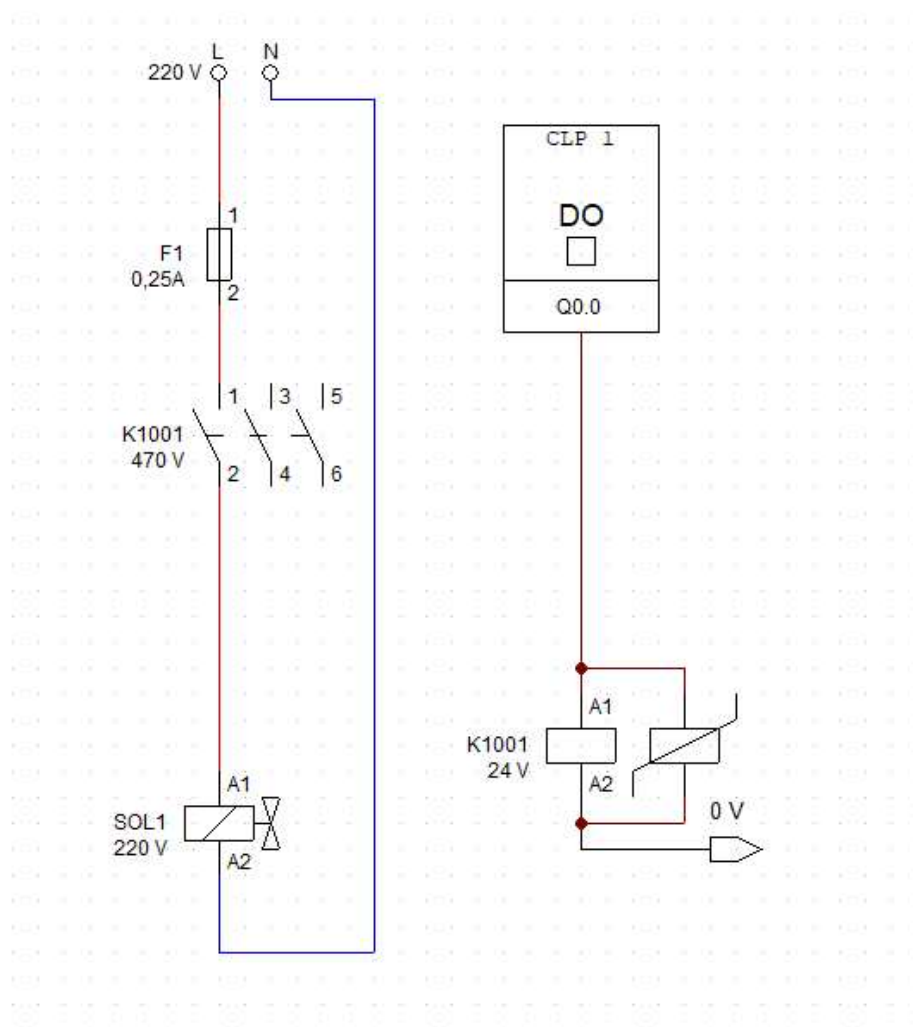
Figura 31 - Automação



Fonte: Acervo do autor (2025).

Ademais, para uma melhor visualização do funcionamento do sistema, foi realizado um esquema de comando e a parte de potência através do software CAdE SIMU, conforme exposto na figura 32.

Figura 32 - Diagrama



Fonte: Projetado no Software CAdE SIMU (2025).

Em continuação, pode-se notar que o disjuntor motor não se faz mais necessário, visto que a bomba foi retirada do sistema e colocado no lugar uma válvula solenoide junto com o regulador de fluxo, como pode ser visto no novo esquema.

Diante disso, na parte de comandos situada mais à direita, foi retirado o contato NA do disjuntor motor e ligado direto na bobina do contator K100.1 de 24 V e o outro lado no comum do CLP, já na parte de potência foi instalado um fusível de 0,25 A para realizar a proteção contra sobrecorrente, pois a solenoide possuía uma tensão de alimentação de 220 V e potência 27 W, o que daria uma corrente de 0,12 A. Para garantir uma margem de segurança de até 2 vezes a corrente nominal, utilizou-se o fusível de 0,25 A.

Em seguida, foi utilizada uma fase que passa pelos contatos de potência do contator K100.1, os quais são fechados quando sua bobina é energizada por um sinal

proveniente da saída do CLP. Esse acionamento alimenta a solenoide, permitindo a liberação do ar comprimido para o sistema de pó. O neutro foi derivado do barramento do painel da máquina, garantindo a alimentação correta de 220 V entre fase e neutro.

Sendo assim, o sistema funciona de forma automática com o novo esquema implementado, evitando desgaste de palhetas e custos sem necessidades.

Essa adaptação trouxe benefícios como maior controle do processo, redução de intervenções manuais e potencial economia de energia, demonstrando uma abordagem inteligente, otimizando o desempenho do sistema de forma prática e funcional.

4 PLANO DE AÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

4.1 MEDIDAS DE MELHORIA PARA RAMA DE RESISTÊNCIAS

Para otimizar a manutenção da rama de resistências e prevenir falhas similares, recomenda-se a realização de inspeções periódicas nos terminais e cabos de alta temperatura, de modo a identificar desgastes ou rompimentos antes que causem curtos-circuitos ou desarmes de disjuntores.

Além disso, a instalação de proteções adicionais para evitar a presença de limalhas de ferro no interior da chapa metálica, reduzindo riscos de condução elétrica indesejada. A padronização dos procedimentos de manutenção, associada ao monitoramento contínuo da temperatura e da integridade dos terminais, pode facilitar a detecção precoce de falhas evitando paradas indesejadas dentro do ambiente industrial.

4.2 ESTRATÉGIAS PARA PREVENÇÃO DE FALHAS EM UMA BOMBA TRIFÁSICA

A manutenção da bomba trifásica pode ser aprimorada por meio de inspeções periódicas nas palhetas de grafite, possibilitando a identificação de desgastes antes que comprometam o desempenho do sistema de sopro e vácuo forçando a bomba a trabalhar fora do seu estado padrão.

Ademais, a verificação sistemática do sentido de giro do motor e das conexões elétricas contribui para a instalação segura e eficiente do equipamento. Além disso, a implementação de análises térmicas regulares pode antecipar sobreaquecimentos nos enrolamentos do motor, prevenindo falhas operacionais como curto ou sobrecarga.

4.3 SENSOR DE BARREIRA COM OPERAÇÃO SEGURA E CONFIÁVEL

A manutenção do sensor fotoelétrico de barreira pode ser aprimorada por meio da implementação de inspeções periódicas para garantir que a área de detecção esteja livre de obstruções, como pequenos resíduos de papel, que possam interferir no funcionamento do sistema. Procedimentos regulares de verificação e limpeza dos sensores contribuem para a operação contínua e segura do equipamento.

Além disso, a utilização de protocolos claros de diagnóstico e manutenção, aliados à documentação detalhada de falhas recorrentes, permite uma identificação mais rápida de problemas, minimizando paradas na produção. A adoção de monitoramento periódico

do desempenho dos sensores e a manutenção preventiva do sistema ajudam a aumentar a confiabilidade do equipamento e a reduzir riscos de interrupções operacionais.

4.4 INVERSOR DE FREQUÊNCIA VISANDO OPERAÇÃO ESTÁVEL

A manutenção do inversor de frequência pode ser aprimorada por meio da verificação periódica do estado dos potenciômetros e de seus trilhos, garantindo que ajustes realizados pelo operador influenciem corretamente a velocidade do motor. A consulta sistemática aos manuais do fabricante durante intervenções permite identificar rapidamente as especificações corretas e os parâmetros de operação, evitando erros causados por ajustes indevidos.

Logo, a implementação de monitoramento e registros das alterações realizadas nos parâmetros do inversor contribui para a rastreabilidade e facilita futuras intervenções. Além disso, a abordagem cuidadosa e planejada por parte da equipe de manutenção, em vez de ações impulsivas, assegura a resolução eficaz dos problemas, prevenindo falhas na produção e aumentando a confiabilidade do equipamento.

4.5 PREVENÇÃO EM UMA CHAVE MONOFÁSICA

Inspeções periódicas permitem que os contatos e bornes da chave elétrica permaneçam firmes e sem sinais de desgaste, prevenindo folgas que podem gerar arcos e faíscas. A limpeza regular do equipamento, removendo tinta e outras impurezas, contribui para a operação segura e confiável, evitando curtos e falhas que poderiam comprometer o funcionamento da máquina. A substituição de componentes danificados por modelos compatíveis e de acordo com as especificações do fabricante assegura a continuidade do sistema e minimiza interrupções na produção.

O monitoramento constante do estado das chaves, aliado ao registro das intervenções realizadas, permite a identificação precoce de problemas, aumentando a vida útil do equipamento e garantindo maior segurança aos operadores. Essas medidas preventivas, quando adotadas de forma sistemática, contribuem para a confiabilidade do maquinário e reduzem os riscos de falhas operacionais, reforçando a importância de um acompanhamento técnico cuidadoso.

4.6 SENSOR DE PILHA VISANDO CONTINUIDADE OPERACIONAL

A manutenção do sensor capacitivo de pilha pode ser aprimorada por meio da realização de inspeções periódicas para avaliar o estado do equipamento e identificar sinais de desgaste ou fim de vida útil, evitando falhas durante a operação. A limpeza regular da área ao redor do sensor, removendo acúmulo de pó e resíduos, contribui para a detecção correta do nível da pilha, prevenindo falsos positivos ou falhas de acionamento que comprometam o funcionamento contínuo da impressora.

A implementação de procedimentos claros para substituição e teste de sensores, juntamente com a consulta a manuais e especificações do fabricante, facilita a escolha do modelo correto e garante a instalação adequada. Esse cuidado permite que problemas sejam resolvidos rapidamente, reduzindo o risco de interrupções na produção e evitando situações que possam comprometer a segurança do operador durante o manuseio da máquina.

4.7 ESTABILIDADE E FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE EXAUSTÃO

O monitoramento periódico das bobinas e da carcaça do motor de exaustão trifásico permite identificar desgastes ou contatos indesejados que possam gerar curtos e prejudicar a produção.

Nesse cenário, a verificação da tubulação e das conexões associadas ao equipamento contribui para prevenir rasgos ou vazamentos que comprometam o fluxo de ar e a eficiência do sistema. Medições de temperatura e acompanhamento durante a operação podem ajudar a detectar aquecimento excessivo, evitando falhas graves antes que causem interrupções na produção.

4.8 PROTEÇÃO E CONFIABILIDADE DO MOTOR DO ESQUADRO

A confiabilidade do motor do esquadro pode ser aprimorada por meio de inspeções periódicas nos contatos auxiliares e nas placas de distribuição de energia, garantindo que não ocorram mau contatos ou falhas que comprometam o circuito de comando.

A verificação regular das conexões, o correto encaixe das placas e a medição de tensões nos pontos críticos permitem identificar problemas antes que causem erros de operação, como falsos sinais de sobreaquecimento, protegendo tanto o equipamento quanto os operadores.

4.9 OTIMIZAÇÃO DA IDENTIFICAÇÃO DE DESGASTE EM ESCOVAS DE GRAFITE

Para motores que utilizam escovas de grafite, é essencial realizar inspeções periódicas para acompanhar o desgaste do material condutor em contato com os anéis coletores. Esse monitoramento permite identificar quando a escova já não possui comprimento ou pressão adequada, evitando perda de condução elétrica, faíscas excessivas e até a parada total do equipamento.

Além disso, é altamente recomendado manter um registro do tempo médio de uso das escovas para prever a necessidade de substituição e programar as trocas de forma preventiva. A limpeza regular dos porta-escovas e dos anéis coletores, somada ao uso de escovas de qualidade compatível com o motor, aumenta a confiabilidade do sistema e reduz a ocorrência de manutenções corretivas inesperadas prejudicando a produção.

5 CONCLUSÃO

Portanto, este trabalho tem como finalidade ressaltar a importância da integração entre o conhecimento teórico e a prática, especialmente no contexto da manutenção elétrica industrial. Ao longo do desenvolvimento do TCC, foi possível compreender como os conceitos estudados em sala de aula se aplicam diretamente às situações práticas encontradas no ambiente industrial, tornando o aprendizado mais concreto e significativo.

O foco deste estudo estava na resolução de problemas relacionados à manutenção elétrica, permitindo analisar o funcionamento de motores, sistemas e componentes elétricos, bem como identificar soluções eficientes para falhas e melhorias operacionais. Essa abordagem proporcionou ao aluno não apenas o domínio da teoria, mas também a capacidade de aplicar conhecimentos técnicos para diagnosticar, interpretar e solucionar problemas reais, desenvolvendo habilidades essenciais para a prática profissional.

Além disso, a experiência prática contribuiu para compreender a importância de uma manutenção bem planejada, preventiva e estruturada, evidenciando como pequenas falhas em componentes elétricos podem afetar o desempenho de máquinas e processos industriais. O trabalho também destacou que a atuação do profissional capacitado é fundamental para garantir a confiabilidade, segurança e eficiência dos sistemas elétricos, reforçando a relevância do aprendizado integrado entre teoria e prática.

Dessa forma, conclui-se que estudos voltados à manutenção elétrica, aliados à observação e resolução de problemas no ambiente industrial, são fundamentais para formar profissionais mais preparados e conscientes da importância de cada componente e procedimento, promovendo um aprendizado completo que alia conhecimento técnico, raciocínio crítico e experiência prática.

REFERÊNCIAS

GUSE, Rosane. **O que é resistência elétrica? Conceitos e aplicações.** [S. l.], 12 fev. 2025. Disponível em: <https://www.makerhero.com/guia/eletricidade/resistencia-eletrica/>. Acesso em: 23 jul. 2025.

RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS, DWATTS. **Tipos de resistência elétrica: guia completo para uso industrial.** [S. l.], 24 fev. 2025. Disponível em: <https://www.fabricaderesistencias.com.br/blog/resistencias-eletricas/tipos-de-resistencia-eletrica-guia-completo-para-uso-industrial/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ELWATTS RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS TUBULARES. *In: RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS.* [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.elwattsresistencias.com.br/resistencia-eletrica-industrial-em-sao-paulo-sp>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BOMBA de Vácuo BVM/II e BVM/M. [S. l.], s.d. Disponível em: <https://omel.com.br/bombas-de-vacuobomba-de-vacuobvm-ii-e-bvm-m/>. Acesso em: 31 jul. 2025.

BRASIL, Leybold. **Como funciona uma bomba de palheta rotativa?** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.leybold.com/pt-br/knowledge/vacuum-fundamentals/vacuum-generation/how-does-an-oil-sealed-rotary-displacement-pump-work>. Acesso em: 31 jul. 2025.

CRAVO, Edilson. **Quais são os tipos de sensores e como funcionam? Guia completo.** [S. l.], 8 abr. 2025. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/tipos-sensores-industriais/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

MATTEDE, Henrique. **Sensor fotoelétrico? Veja o que é, como funciona e tipos!** [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/sensor-fotoeletrico-veja-o-que-e-como-funciona-e-tipos/#bio>. Acesso em: 1 ago. 2025.

ALVES, Pedro. **Inversor de frequência, o que é? Funcionamento e vantagens!** [S. l.], s.d. Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com.br/inversor-de-frequencia-o-que-e-funcionamento-vantagens/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

TUDO Sobre o Exaustor Centrifugo: Funcionamento, Utilização e Benefícios. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://exatasresolve.com.br/tudo-sobre-o-exaustor-centrifugo-funcionamento-utilizacao-e-beneficios/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

TECNOLOGIA DE HANGZHOU, Grande. **Escovas de grafite e porta-escovas: um exame aprofundado.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.grandslipring.com/pt/carbon-brushes-and-brush-holders/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

RETIFICAÇÃO com Díodos. [S. l.], s.d. Disponível em: <https://www.electronica-pt.com/componentes/diodo/diodos-rectificadores>. Acesso em: 5 ago. 2025.

ESCOVAS de grafite Industriais: como escolher certo e evitar falhas caras no motor. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.jactrade.com.br/post/escovas-de-carvao-qual-sua-utilidade>. Acesso em: 5 ago. 2025.

EXAUSTOR Centrífugo Industrial – Guia Completo. [S. l.], s.d. Disponível em: <https://www.brasfaiber.com.br/blog/exaustor-centrifugo-industrial-guia-completo/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Igor Santos
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Igor Emanuel Silverio Santos, ALUNO (20192610025) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 10/09/2025 17:26:20.

Este documento foi armazenado no SUAP em 10/09/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1604825
Código de Autenticação: 1c5a472b4c

