



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – CAMPUS FORMIGA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

HEULER ANDRADE SILVA

***RETROFIT EM PAINEL DE COMANDO E FORÇA DESTINADO A UM AVIÁRIO,
SEGUNDO NORMATIZAÇÃO VIGENTE***

FORMIGA – MG

2022

HEULER ANDRADE SILVA

***RETROFIT EM PAINEL DE COMANDO E FORÇA DESTINADO A UM AVIÁRIO,
SEGUNDO NORMATIZAÇÃO VIGENTE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Lobato Campos

Coorientador: Prof. Dr. Patrick Santos de Oliveira

FORMIGA – MG

2022

Silva, Heuler Andrade
S586r Retrofit em painel de comando e força destinado a um aviário, segundo
normatização vigente / Heuler Andrade Silva -- Formiga : IFMG, 2022.
60p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Lobato Campos
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Painel elétrico. 2. Retrofit. 3. Comando elétrico.
4. Força. 5. Comando. 6. Montagem de painel. I. Campos, Gustavo Lobato. II. Título.

CDD 621.3

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Msc. Simoni Júlia da Silveira

HEULER ANDRADE SILVA

**RETROFIT EM PAINEL DE COMANDO E FORÇA DESTINADO A UM AVIÁRIO,
SEGUNDO NORMATIZAÇÃO VIGENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Avaliado em: 05 de julho de 2022.

Nota: 94 pontos.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gustavo Lobato Campos



Prof. Dr. Patrick Santos de Oliveira



Prof. Me. Marco Antônio Silva Pereira



Profª. Me. Cíntia Arantes Silva



Profª. Me. Rayane Rainer Leal

“Há mais pessoas que desistem
do que pessoas que fracassam”

Henry Ford

RESUMO

Ante a evolução contemporânea dos equipamentos e tecnologias, combinando componentes mecânicos, pneumáticos, eletroeletrônicos e ópticos, tornou-se comum a utilização de painéis elétricos para que haja um maior controle e eficiência dos processos, em alguns casos até mesmos projetos mais robustos e rebuscados tornaram-se necessários para se garantir um controle eficiente da distribuição energética dos itens conectados. Tais painéis são projetados e montados de acordo com necessidades específicas de cada projeto e processos que serão administrados, zelando pela padronização, seguindo sempre a regulamentação conforme diretrizes estabelecidas pelas normas nacionais e internacionais inerentes ao caso e às necessidades a serem atendidas. O projetista então busca sempre aumentar a eficiência dos processos e a segurança de equipamentos e colaboradores envolvidos nas atividades. Tem-se nesse estudo, que existe na prática uma lacuna literária entre a teoria e a aplicação cotidiana no exercício dessa atividade. O presente estudo objetiva apresentar criteriosamente os passos necessários à montagem de um painel elétrico destinado a operação de um aviário. Adotando a normatização vigente, optou-se pela implementação da técnica de *Retrofit*, adequando os circuitos presentes e substituindo componentes, quando necessário, na busca por se produzir um painel centralizado que garanta maior controle, segurança e praticidade ao avicultor. Procurou-se através do conteúdo aqui descrito, criar uma rotina para nortear profissionais da área de instalações elétricas e automação no desenvolvimento da atividade proposta pela apresentação de métodos e protocolos práticos de trabalho, focados desde a análise de cargas presentes, na montagem do projeto elétrico e por fim na implementação do próprio painel.

Palavras-chave: Painel elétrico. *Retrofit*. Comando elétrico.

ABSTRACT

In view of the contemporary evolution of equipment and technologies, combining mechanical, pneumatic, electronic and optical components, it has become common to use electrical panels for greater control and efficiency of processes, in some cases even more robust and far-fetched projects have made are necessary to ensure an efficient control of the energy distribution of the connected items. Such panels are designed and assembled according to the specific needs of each project and processes that will be managed, ensuring standardization, the regulation is always followed according to guidelines established by national and international standards inherent to the case and the needs to be met, the designer then search always increases the efficiency of the processes and the safety of equipment and personnel involved in the activities. In this study, there is a literary gap in practice between theory and everyday application in the exercise of this activity. The present study then aims to carefully present the necessary steps to assemble an electrical panel for an aviary adopting the current regulations, we opted for the implementation of the Retrofit technique, adapting the present circuits and replacing components when necessary in the search for producing a centralized panel that guarantees greater control, safety and practicality to the poultry farmer. It was also sought, through the content described here, to create a routine to guide professionals in the electrical and automation area in the development of the proposed activity by presenting practical work methods and protocols focused from the analysis of loads present, in the assembly of the electrical project and finally in the implementation of the panel itself.

Key words: Electric panel. Retrofit. Electric command.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama ligações elétricas de um painel elétrico.....	19
Figura 2 - Entrada de energia do aviário sob estudo.....	24
Figura 3 - Painel de ventilação do aviário.....	25
Figura 4 - Interior Painel de Ventilação do Aviário.....	26
Figura 5 - Disposição de ventiladores.....	29
Figura 6 - Tabela 33 da NBR 5410: Tipos de linhas elétricas.....	32
Figura 7 - Tabela 36 da NBR 5410: Ampacidade de condutores carregados.....	32
Figura 8 - Anilhas.....	35
Figura 9 - Bornes.....	35
Figura 10 - Identificação dos componentes.....	36
Figura 11 - Identificação das funcionalidades.....	36
Figura 12 - Chave seccionadora com cadeado.....	37
Figura 13 - Fim de Curso.....	37
Figura 14 - Projeto circuito de força aquecedor.....	38
Figura 15 - Projeto circuito de comando iluminação.....	39
Figura 16 - Projeto circuito de comando fonte de energia 24VCC.....	39
Figura 17 - Projeto circuito de sinalização.....	40
Figura 18 - Passos de montagem de um painel elétrico.....	45
Figura 19 - Montagem das canaletas.....	45
Figura 20 - Montagem dos trilhos.....	46
Figura 21 - Realização de furos da tampa do painel.....	47
Figura 22 - Realização de ligações da parte de comando.....	47
Figura 23 - Realização de identificação dos componentes.....	48
Figura 24 - Conexão dos cabos do painel.....	49
Figura 25 - Painel elétrico instalado em aviário.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Normas vigentes para painel elétrico.....	23
Tabela 2 - Painéis do aviário.....	25
Tabela 3 - Características das cargas presentes no aviário.....	30
Tabela 4 - Divisão dos circuitos.....	31
Tabela 5 - Cores dos condutores.....	35
Tabela 6 - Luzes de sinalização.....	43
Tabela 7 - Lista de materiais.....	44
Tabela 8 - Plano de manutenção.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABRACOPEL - Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade.

ANSI - *American National Standard Institute.*

CLP - Controlador Lógico programável.

CO₂ - Dióxido de carbono.

EMPRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

ICEA - *Insulated Cable Engineer Association.*

IEC - *International Electrotechnical Commission.*

IEEE - *Institute of Electrical and Electronic Engineers.*

NA - Normalmente aberto.

NBR - Norma Brasileira.

NEC - *National Electrical Code.*

NEMA - *National Electrical Manufacturers Association.*

NF - Normalmente fechado.

NR - Norma Regulamentadora.

OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

PCM'S - Painéis de Comando de Motores.

PTTA - Tipo parcialmente testados.

TTA - Tipo totalmente testados.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos gerais	14
1.2 Objetivos específicos	15
1.3 Justificativa.....	15
1.4 Metodologia do trabalho.....	17
1.5 Organização do trabalho	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Painéis Elétricos	19
2.2 Classificação	20
2.3 Modos de operação PCM's	21
2.4 Dispositivos de bloqueio	22
2.5 Normatização.....	23
3 ESTUDO DE CASO.....	24
4 PROPOSTA DE MELHORIA DO SISTEMA.....	28
4.1 Escopo do Projeto	29
4.1.1 Análise das Cargas.....	30
4.1.2 Divisão dos Circuitos.....	30
5 DESENVOLVIMENTO – PROJETO E DIMENSIONAMENTO.....	34
5.1 Itens do painel.....	34
5.2 Projeto.....	37
5.3 Dimensionamento dos dispositivos	40
5.3.1 Contator.....	41
5.3.2 Relé Térmico.....	41
5.3.3 Proteções de Dispositivos.....	42
5.3.4 Proteções de Operação.....	42
5.3.5 Sinalização.....	43
5.3.6 Chave 3 Posições.....	44
5.3.7 Lista de Materiais.....	44
6 DESENVOLVIMENTO - MONTAGEM.....	45
7 INSTALAÇÃO E TESTES DE VALIDAÇÃO.....	49
7.1 Plano de manutenção preventiva	50
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
8.1 Trabalhos Futuros	52

REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO A – Página 1 do diagrama elétrico.....	55
ANEXO B – Página 2 do diagrama elétrico.....	56
ANEXO C – Página 3 do diagrama elétrico.....	57
ANEXO D – Página 4 do diagrama elétrico.....	58
ANEXO E – Página 5 do diagrama elétrico.....	59
ANEXO F – Página 6 do diagrama elétrico.....	60

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, percebeu-se que a aplicação de máquinas nos processos industriais carrega consigo uma imensa melhoria na produtividade, na qualidade do produto final e logicamente no tempo que envolve a produção dos itens. Percebeu-se assim que a evolução natural dos processos se provou bastante eficiente, para que uma nova realidade mundial pudesse ser implementada e para que todo o setor produtivo pudesse finalmente atender a demanda crescente de um mercado que não para de crescer e alcança todo o mundo (PEREIRA; SIMONETTO, 2018).

Segundo Melo (2021), o mercado mundial evolui rapidamente e as tecnologias provaram conseguir acompanhar tal evolução, desta forma, com o passar do tempo e o surgimento de novas ideias e conceitos que guiaram indústrias, universidades e pesquisadores por todo o mundo no caminho que busca sempre resultados mais eficazes e rápidos, para atender o consumo dos grandes mercados que surgiam. Os processos industriais por sua vez, se tornaram mais complexos para realizar tarefas que alavancassem níveis maiores de produção, os engenheiros então tornaram-se ainda mais necessários para se buscar formas de adequar o maquinário existente ou produzir novos equipamentos ainda mais eficazes e preferencialmente que apresentassem menos falhas, além é claro, de sistemas de controle que permitissem ao usuário administrar melhor toda a rotina de trabalho (CAVALCANTE, 2019).

De acordo com Cavalcante (2019) tem-se que, na indústria produtiva, a evolução das máquinas e dos processos faz com que a manufatura em si necessite de uma combinação mais eficiente de recursos mecânicos, pneumáticos, eletroeletrônicos e ópticos, logicamente também se torna imprescindível que existam sistemas de controle robustos, capazes de realizar a interconexão desses dispositivos, na busca por viabilizar uma implementação mais eficiente da rotina produtiva. Normalmente, esse controle é realizado através de painéis elétricos que desempenham papel fundamental para a distribuição adequada da energia elétrica necessária ao acionamento das máquinas, equipamentos, motores, sensores e tudo mais que faça parte do conjunto que automatiza a atividade.

A produção dos painéis elétricos deve seguir sempre a normatização vigente e regulada no Brasil pela ABNT, pode-se citar nesse caso a NR-10 que é amplamente aplicada no setor para garantir a segurança e padronização das atividades, garantindo que os requisitos de operação dos sistemas sejam atendidos, reduzindo a possibilidade de danos a equipamentos e o comprometimento dos colaboradores envolvidos no processo.

Nota-se que em um trabalho bem elaborado, torna-se imprescindível que o profissional realize um projeto bem estruturado e elaborado, com a finalidade de satisfazer as necessidades em questão. Neste, implementa-se a identificação visual de cada componente, sempre buscando facilitar incursões futuras por outros profissionais e mesmo tornar as mesmas mais eficientes e rápidas para evitar paradas de produção nas indústrias.

No caso de um painel que já esteja em funcionamento, mas não apresente condições necessárias para uma operação segura, seja por irregularidades em sua montagem ou ainda pelo desgaste gerado pelo tempo de uso e condições ambientais, pode-se aplicar a técnica de *Retrofit*, que consiste na adequação deste, aproveitando equipamentos que estejam em conformidade e substituindo ou acrescentando outros, para trazer o conjunto novamente, a padrões aceitáveis de utilização.

Neste estudo, apresentou-se a técnica do *Retrofit* aplicada à montagem de um painel de força e comando para uma aplicação real, demonstrou-se de forma clara e simplificada cada etapa do processo, denotando as possibilidades da aplicação no caso escolhido.

Realizou-se então, uma análise de cargas e definiu-se como as mesmas seriam controladas e quais deveriam ser os circuitos utilizados para se alcançar os objetivos propostos, elaborou-se então o projeto de força e comando, observando todos os aspectos de ordem técnica relativos a estes, bem como a elaboração do plano construtivo na busca por se alcançar o melhor desempenho funcional, com segurança e redução de custos dentro do possível.

A metodologia para desenvolvimento da atividade, focou-se na análise de estudos de casos similares, onde se buscou os parâmetros que permitissem após análise, a determinação do layout e componentes mais adequados para serem usados, pertinentes a implementação a ser realizada, também a elaboração de um planejamento de manutenção, e montagem do painel.

1.1 Objetivos gerais

Este estudo tem como objeto apresentar o *Retrofit* como proposta na adequação de painéis de comando e também de força, de um aviário, adequando-o à normatização vigente, acionando cargas e controlando-as para atender as necessidades das instalações:

1.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento das especificações das cargas envolvidas, a fim de definir um escopo acerca dos circuitos elétricos que atendam às necessidades das instalações;
- Projetar e simular diagramas de acionamento;
- Dimensionar os componentes conforme as cargas utilizadas;
- Realizar a montagem do painel de comando e força conforme normatizações vigentes.

1.3 Justificativa

A inserção de tecnologia no setor industrial traz consigo diversos benefícios, tais como aumento na produção, melhoria na qualidade dos itens produzidos, redução do ônus de produção, aumento de aspectos ligados à segurança dos colaboradores e outros. Assim como o setor industrial, diversos outros setores denotam as vantagens da inserção da automação no meio de produção. Um desses setores é o do agronegócio, onde pode-se destacar o apoio da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) para a automatização do ambiente rural, com objetivo de alcançar metas estabelecidas pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), como por exemplo, de que o Brasil aumente em torno de 40% sua produção de alimentos até 2050 (CAVALHEIRO *et al.*, 2018)

De acordo com Franchi (2009), a implementação do processo de automação está associada, na maior parte das situações à criação e utilização de painéis elétricos, afinal, são estes que irão permitir a distribuição adequada de energia e o controle das máquinas. Desse modo, quanto maior a inserção de automação, maior a inserção de painéis elétricos mais complexos, podendo requerer profissionais mais bem qualificados para seu projeto e execução. Muitas das vezes, erros no projeto ou na montagem do painel, podem resultar na inutilização do mesmo. As irregularidades mais comuns estão relacionadas ao erro no dimensionamento do sistema, ou ainda falhas na montagem. Os painéis também estão sujeitos a inutilização por desgastes e falta de manutenção (SILVA *et al.*, 2019).

Em relação ao mal dimensionamento do projeto elétrico (Silva *et al.*, 2019), ainda concluem que, os erros mais comuns se dão pela falta de dispositivos de proteção e sobrecarga dos circuitos e condutores, emendas malfeitas, materiais de baixa qualidade e não certificados, fios e cabos desencapados e ainda problemas ligados à passagens incorretas de cabos por conduítes com o conseqüente danos nos mesmos.

Painéis elétricos inadequados ao uso, podem ocasionar perdas por uma parada forçada de rotinas produtivas, tais situações ainda, podem levar a danos em componentes e riscos de acidentes. Segundo dados divulgados pela Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade – ABRACOPEL, revelam que os acidentes envolvendo eletricidade, com ou sem mortes, causados por choques elétricos, curto-circuito, descargas atmosféricas, foram ao todo 1502 casos registrados no ano de 2020, esses valores refletem apenas uma parcela destes, já que se estima que esses valores podem ser de 4 a 5 vezes maiores que os apresentados (BRITO; SALAS; MEDEIROS, 2021).

O dimensionamento, assim como a montagem de painéis elétricos, é umas das atividades fundamentais desenvolvidas por Engenheiros Eletricistas, que além de se preocupar com o funcionamento adequado dos equipamentos, deve apontar melhorias relacionadas a aspectos de segurança e cognitivos, visando uma melhor usabilidade do operador para com o painel.

Ao projetar um painel, o profissional possui como consulta normas vigentes. Uma dessas Normas, a NR-10, datada de 1978, com suas últimas revisões finalizadas e publicadas em 2004, estabelece requisitos mínimos para projeção e montagem do painel elétrico. Por outro lado, caso o memorial descritivo não traga de maneira clara todas as informações necessárias, para a elaboração do projeto e execução da montagem pelo fabricante, podem ocorrer erros que levem à má execução do projeto, acarretando vícios, podendo também ocasionar acidentes.

A principal justificativa para desenvolvimento deste trabalho, está na escassez de trabalhos técnicos mais didáticos que abordem metodologias de montagens de painéis elétricos, segundo as normatizações vigentes. Tal informação se baseia em pesquisa realizada pelo autor dessa obra nas bases de dados da Scielo e Google acadêmico, no início do corrente ano, em que foram encontrados pouco mais de uma dezena de trabalhos acadêmicos sobre o tema, nos últimos quatro anos. Neste contexto, pensou-se em elaborar um material de referência, proporcionando fonte de fácil acesso a alunos e profissionais da área de elétrica e automação, organizando informações, contemplando métodos e procedimentos práticos que vão desde a análise das cargas presentes, projeto elétrico e montagem do painel elétrico. Para implementar

a ideia foi realizado como base, um estudo de caso de um aviário onde os processos inerentes ao assunto foram aplicados.

1.4 Metodologia do trabalho

Este estudo, teve o início do seu desenvolvimento, através de uma pesquisa bibliográfica exploratória nas bases de dados da Scielo e Google acadêmico, em busca de trabalhos que se focassem no assunto tematizado e nas formas de implementação para modelos similares ao que se tinha em mente, para aplicação segundo a necessidade das instalações onde se desenvolveria na prática a montagem de um painel elétrico para uma aplicação real, segundo normatização vigente.

Observou-se então os principais modelos e propostas para a aplicação desejada e buscou-se entender os prós e contras de cada ideia, de forma a encontrar ou parametrizar o que pudesse surtir os melhores resultados possíveis, dentro das limitações que se esperava encontrar.

Buscou-se então, seguindo o que foi preconizados por Brito, Salas e Medeiros (2021) e Silva *et al.* (2019) não cometer os mesmo erros reportados e se desenvolver a proposta de forma bem parametrizada para alcançar os objetivos propostos.

Estudou-se então a condição geral do aviário e como se encontram as instalações elétricas deste, se atendem ou não aos requisitos básicos de funcionalidade e segurança e analisou-se na sequência como se poderia melhorar o que já existe para se evitar os elevados custos e a perda de tempo para que tudo fosse reprojeto do zero.

Elaborou-se então um proposta de melhoria para as instalações elétricas do aviário, com uma melhor distribuição das cargas por painéis estrategicamente montados e melhor organizados para facilitar o trabalho de quem fosse operá-los. Não deixando de se pensar, também na questão da segurança de quem o opera e mesmo das instalações que são a base para a segurança e bom desenvolvimento das aves que ali subsistem.

Calculou-se então as cargas necessárias para um bom funcionamento do sistema e pesquisou-se os componentes que poderiam suportá-las e que agregassem além de custos acessíveis, a segurança necessária para equilibrar o custo benefício para a execução da proposta.

Na sequência, o projeto foi executado criteriosamente conforme havia sido planejado e dentro do possível, se procurou adequar as contingências que surgiam trazendo a conformidade

ao que se produzia até a conclusão e viabilização final do proposto para facilitar a atividade dos operadores e garantir uma maior eficiência geral das instalações.

1.5 Organização do trabalho

Esta monografia é constituída de 8 capítulos. No Capítulo 1 tem-se a introdução acerca de painéis elétricos, a justificativa e os objetivos deste trabalho. O Capítulo 2, apresenta uma revisão bibliográfica que fundamentou o desenvolvimento deste trabalho. O Capítulo 3, apresenta o estudo de caso sobre a instalação, o ao qual foi implementado este trabalho de conclusão de curso. O Capítulo 4, apresenta as propostas de melhoria da parte elétrica do estudo de caso, o que serviu de base para a definição do painel. O Capítulo 5, apresenta o desenvolvimento acerca da parte de projeto e dimensionamento do sistema. O desenvolvimento do painel, acerca da montagem física do mesmo, encontra-se no capítulo 6. A instalação do painel no aviário, assim como testes de validação e plano de manutenção estão no capítulo 7. Por fim, o Capítulo 8, apresenta as conclusões do presente trabalho.

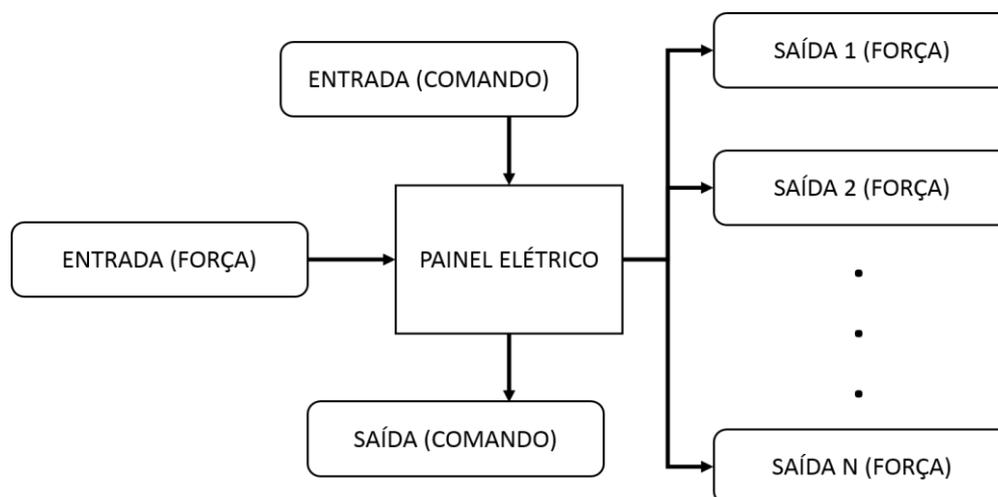
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, apresenta-se o referencial teórico acerca de painéis elétricos, trazendo as definições do mesmo, a classificação acerca do tipo, alimentação, modos de operação de motores e dispositivos de bloqueio. Por fim, são apresentadas as normatizações vigentes para a montagem de painéis elétricos.

2.1 Painéis Elétricos

As ligações elétricas possíveis de um painel elétrico, estão dispostas de acordo com o diagrama da Figura 1.

Figura 1 – Diagrama das ligações elétricas de um painel elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

De acordo com Freitas (2016) apresentam-se na sequência, conceitos importantes para um melhor entendimento das etapas por vir. Pensando-se então nas ligações elétricas de entrada e saída, é possível destacar as seguintes:

- **Entrada (Força):** O painel elétrico conta com uma entrada apenas da parte de força, responsável por alimentar todo o circuito de acionamento e os circuitos de saída de força. A entrada de energia deve ser projetada com cabos e proteções, de modo que suporte todos os circuitos presentes no painel e que sejam atuados por ele de forma direta;

- Saídas (Força): Podem ser inúmeras, desde que acionadas de forma direta. Vale ressaltar que cada saída corresponde a um circuito independente, onde também as proteções e cabeamento se encontram na mesma condição. São exemplos de atuadores diretos: Motores, pistões, lâmpadas, entre outros;
- Entrada (Comando): Tem por finalidade receber um sinal de entrada e processá-lo. Esse sinal pode ou não realizar a atuação das saídas de força. Um exemplo do sinal de entrada de comando seriam sensores que realizam leitura de variáveis externas, que são processados por um controlador no interior do painel, ou ainda sinais oriundos de controladores externos, muitas das vezes enviados por relés desses controladores;
- Saída (Comando): Tem por finalidade enviar um sinal para acionar um atuador com alimentação externa, independente do painel, ou ainda enviar informações para um controlador externo ao painel, auxiliando o mesmo na tomada de decisões.

2.2 Classificação

Os painéis elétricos de acordo com Santos e Pinto (2015) são classificados de acordo com a aplicação, revisados e atualizados conforme segue:

- PCM - Painel de Comando de Motores;
- PCV - Painel de Comando de Válvula;
- PCE - Painel para Comando de Estações;
- PCD - Painel de Comando de Disjuntor;
- PEB – Painel de Comando de Bomba;
- PSA - Painel para controle de Serviços Auxiliares;
- PI - Painel de Instrumentação;
- PBC - Painel de Banco de Capacitores;
- PDM - Painel Porta Desenho Metálico;
- PCM-MTPD - Painel de comando de Motor - Média Tensão Partida Direta;
- PD-MT - Painel de Distribuição de Média Tensão;
- PD-PS - Painel Singelo Média Tensão.

Quanto ao nível de tensão são definidos os seguintes tipos:

- Baixa Tensão;
- Média Tensão.

Quanto ao tipo de partida dos motores, foram definidos os seguintes tipos:

- PD - Partida Direta;
- SS - Soft Starter;
- CF - Conversor de Frequência.

2.3 Modos de operação PCM's

De acordo com Taques (2016), os Painéis de Comando de Motores - PCM's, deverão possuir chave de seleção Automático/Desligado/Manual, nesta ordem, no sentido horário.

Os três modos de operação devem atuar como descrito:

- Modo Automático: o controlador lógico programável comanda e protege os equipamentos do processo, sendo que as proteções instaladas nos painéis locais também devem atuar. Devem estar sob o controle de um profissional operador, atuando via interface apropriada do controlador lógico programável ou do sistema supervisor, sempre de acordo com as regras operacionais estabelecidas no programa do controlador lógico programável;
- Modo Desligado: devem ser bloqueados os comandos dos painéis daquele setor, exceto logicamente o acesso ao botão de emergência. Assim, neste modo de operação o sistema é desligado;
- Modo Manual: não se deve desativar as proteções sistêmicas implementadas pelo CLP, bem como aquelas que foram instaladas nos painéis daquele setor. Neste modo, o operador deve poder comandar os equipamentos do processo a partir do conjunto de dispositivos de acionamento como botões e chaves devidamente instalados nos painéis locais. Importante lembrar que, comando só pode ser executado quando o mesmo estiver de acordo com as regras definidas na programação do controlador lógico programável para este modo de operação.

Além dos modos de operação descritos, deve ser acrescentada a opção de bloqueio para manutenção, que pode ser inclusa juntamente com a chave três posições, se tornando uma chave

quatro posições, ou ainda, pode ser inclusa através de uma outra chave. A função manutenção deve possuir bloqueio afim de impedir energização do circuito durante a atividade de manutenção (TAQUES, 2016).

2.4 Dispositivos de bloqueio

Segundo a NR-10, preconiza-se que o dispositivo usado para bloqueio existe para impedir que haja um religamento mecânico e/ou elétrico de equipamentos ou mesmo de painéis elétricos. Estes precisam estar acompanhados pela devida sinalização de bloqueio que pode ser em alguns casos a etiqueta de bloqueio ou em outros casos um tipo de identificação que informe de forma clara o horário e a data do bloqueio, o motivo da manutenção e o nome do responsável.

Nesse contexto também é relevante que estes dispositivos permitam múltiplos bloqueios, por mais de um cadeado, garantindo assim que mais de uma equipe possa trabalhar em um mesmo setor sem o risco de que apenas uma delas tenha autonomia de liberação em detrimento da permissão das outras. Destaca-se, que os procedimentos de travamento, devem assegurar que o componente permaneça bloqueado até que todo conserto ou inspeção tenham sido concluídos.

Conforme relacionado na NR-10 item 10.2.8 e 10.5. é importante salientar que todos os profissionais envolvidos na atividade, ficam automaticamente responsáveis pela colocação de um cadeado, agregando quando necessário uma etiqueta de identificação fixada diretamente na garra de travamento que impede a abertura, até que todos os cadeados tenham sido removidos, tais ações garantem uma segurança adicional à execução da tarefa. Os processos para realização do bloqueio, segundo a Norma NR-10, são descritos abaixo:

Processo de aplicação de bloqueio:

- 1 Seccionamento da alimentação;
- 2 Impedimento de energização;
- 3 Constatação da ausência de tensão;
- 4 Instalação de aterramento temporário, com equipotencialização dos condutores dos circuitos, caso seja preciso;
- 5 Proteção dos elementos energizados, existentes na zona controlada;
- 6 Instalação da Sinalização de Impedimento de Energização.

Processo de retirada do bloqueio:

- 1 Certifique-se que as ferramentas e utensílios foram removidos;
- 2 Confirme que todos os empregados estão em local seguro, retirada de pessoal não envolvido na energização;
- 3 Retirar aterramento temporário de segurança se houver;
- 4 Retirada de cartão de identificação;
- 5 Ligar alimentação elétrica, munido de equipamentos de proteção individual, conforme a NR-10.

2.5 Normatização

O projeto elétrico e as montagens elétricas deverão ser executados de acordo com as recomendações mínimas das últimas edições das seguintes normas, apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Normas vigentes para painel elétrico.

Órgão	Código	Título
ABNT	NBR5410	Norma brasileira de instalações elétricas em baixa tensão
ABNT	NBR IEC 61439-1	Conjuntos de Manobra de Controle de Baixa Tensão Tipo TTA e PTTA – Parte 1: conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA)
ABNT	NBR IEC 61439-3	Conjuntos de manobra de controle de baixa tensão Tipo TTA – Parte 3: requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão destinados a instalação em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização – quadros de distribuição
ABNT	NR-10	Segurança em instalações e serviços em eletricidade
ABNT	NR-12	Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos

Fonte: Barros (2020).

Além das normas vigentes, é necessário seguir as normas técnicas da concessionária de energia vigente, nesse caso a CEMIG.

Quando as normas da ABNT forem omissas, deverão prevalecer as normas regidas pelos seguintes órgãos: NEC, IEEE, NEMA, ANSI, IEC e ICEA.

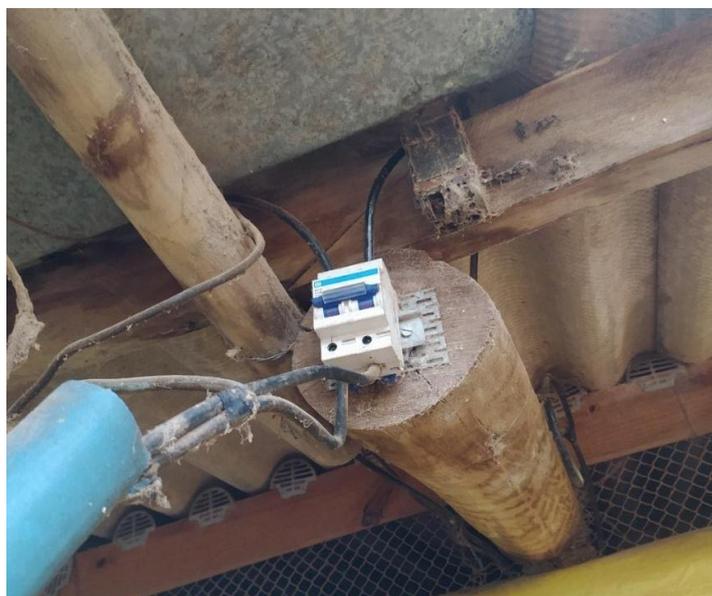
3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso deste trabalho, refere-se a um aviário de corte, localizado no município de Formiga/MG, o aviário conta com dimensões 100x18m e aloja cerca de 25mil aves por remessa. O aviário funciona através de um sistema de integralização, onde a empresa proprietária do matadouro fornece ao avicultor toda a matéria prima para produção que vai desde os pintinhos, ração e medicamento. Em contrapartida o avicultor é responsável pelo manejo do frango, principalmente por garantir uma boa ambiência. Cada ciclo de alojamento dura em média sessenta e três dias, que compreende o alojamento dos frangos e a limpeza do galpão.

Sobre questões construtivas, o galpão é constituído de pilares de madeira com lonas e telas envoltórias, além de um telhado de fibrocimento, possuindo um sistema de alimentação automático, e sensores e atuadores responsáveis por garantir condições adequadas de ambiência.

Sobre questões elétricas, o aviário possui oito painéis espalhados conforme sua funcionalidade, todos localizados no interior do galpão, possuindo sistemas de alimentação, aquecimento, nebulização, ventilação e iluminação. O sistema de entrada de energia presente no aviário, é apresentado na Figura 2. O mesmo conta com um disjuntor geral de 100A, responsável pela proteção geral de todos os circuitos dispostos ao longo do galpão.

Figura 2 - Entrada de energia do aviário sob estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A partir do disjuntor geral do aviário, são dispostos cabeios recorrentes a alimentação dos diversos painéis espalhados ao longo do galpão, cada painel exercendo uma função específica. Na Tabela 2 tem-se a relação de painéis com a quantidade de itens acionados, assim como o tipo de equipamento acionado.

Tabela 2 - Painéis do aviário.

Painel	Circuito	Quantidade	Item
1	Ventilação 1	8	Ventilador
2	Ventilação 2	8	Ventilador
3	Ventilação 3	8	Ventilador
4	Iluminação	31	Lâmpada
5	Aquecedor	1	Motor
6	Nebulizador	1	Motor
7	Siloflex	1	Motor
8	Linhas de ração	4	Motor

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Entre os oito painéis dispostos no aviário, temos, conforme apresentado na Figura 3, um dos três painéis de ventilação presentes no sistema.

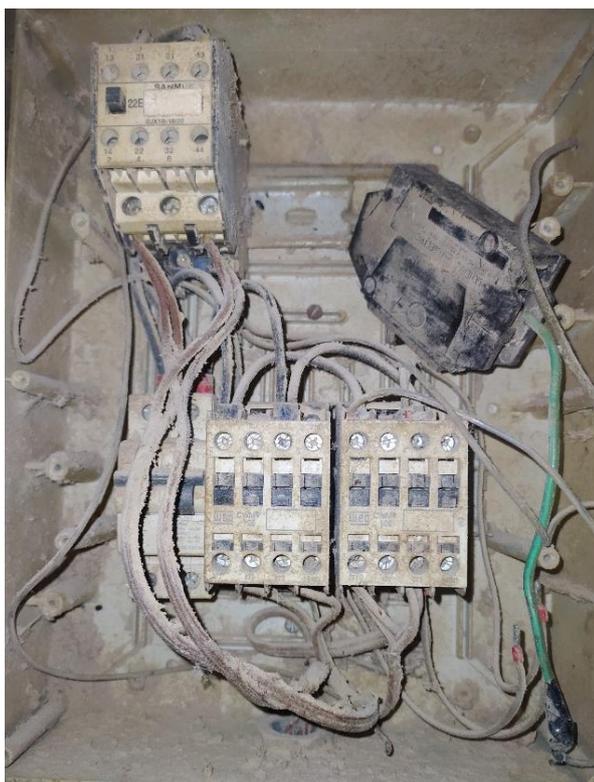
Figura 3 - Painel de ventilação do aviário.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Na Figura 4 apresenta-se a parte interna do painel em questão. Para este, em decorrência da poeira observa-se que ao energizá-lo, os contatores apresentam vibração e ruído durante seu funcionamento. Fato que resultou na inutilização destes painéis e na inserção de um disjuntor afim de realizar o acionamento dos ventiladores de forma manual e direta.

Figura 4 - Interior Painel de Ventilação do Aviário.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Tratam-se de três painéis de ventilação, dispostos ao longo do galpão, onde cada um aciona oito ventiladores de acordo com a temperatura lida. Tem-se ainda uma programação de ventilação mínima que aciona um grupo de ventiladores de acordo com a configuração realizada em um temporizador.

O painel de iluminação possui por função o acionamento manual das lâmpadas ou ainda o acionamento automático através da programação de um temporizador.

O painel do aquecedor a lenha, tem por função acionar um motor no equipamento que direciona o ar quente do aquecedor sobre tubos que saem do aquecedor em direção a distintos pontos no aviário.

O painel do nebulizador aciona um motor sobre a função de bomba que dispersa água sobre diversos bicos aspersores ao longo do galpão, esse painel tem por finalidade ser acionado de acordo com um sensor de temperatura presente no galpão.

O painel do Siloflex é responsável pela atuação de um motor com uma mola acoplada sobre uma tubulação, responsável por transportar a ração do silo para as quatro caçambas de ração presentes no aviário. O motor é acionado de forma manual ou automática através de sensores do tipo fim de curso, que identificam o nível baixo de ração em cada uma das quatro caçambas de ração.

O painel das linhas de ração é responsável pela atuação de quatro motores, cada um recorrente a uma linha de ração presente no galpão. As linhas de ração podem operar em modo manual ou automático, de acordo com o nível de ração nos pratos de alimentação dos frangos.

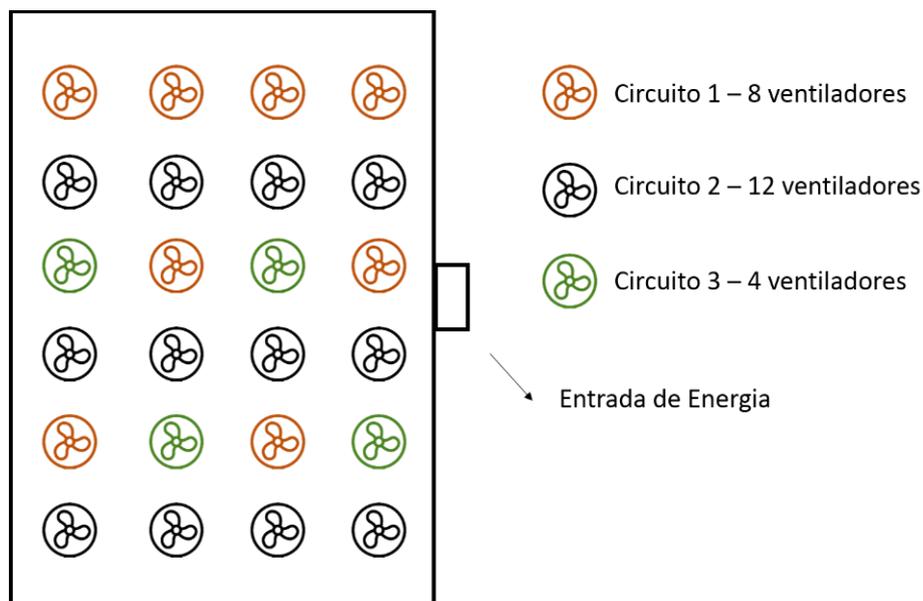
Assim, para o estado da parte elétrica do aviário, é perceptível a dificuldade na gestão de todos os painéis, devido ao deslocamento necessário do avicultor para realizar o controle de cada um destes, um por vez. Outro fato, é a exposição dos painéis à poeira, recorrente na localidade dos painéis no interior do galpão, além da constante abertura das tampas dos painéis durante a operação do sistema.

4 PROPOSTA DE MELHORIA DO SISTEMA

Perante a inspeção realizada no galpão, foram projetadas as seguintes alterações na parte elétrica do mesmo, a saber:

- Projeto de um painel geral que controle os oito circuitos presentes no aviário;
- Montagem de um painel geral, centralizando todos os comandos em apenas um local. No primeiro momento será implementado apenas quatro dos oito circuitos projetados, entretanto será prevista a incrementação futura dos outros circuitos. Esse painel tem por finalidade controlar os três circuitos de ventilação e o circuito de iluminação, contando com os dispositivos de comando para os circuitos em questão.
- Esse painel deve ser localizado na parte externa do galpão, evitando assim o contato do mesmo com as condições no interior do aviário;
- Inserção de um sistema de segurança que torne inoperante o painel, caso a tampa do mesmo esteja aberta;
- Montagem de um quadro destinado a abrigar a chave geral do aviário, até então exposta ao tempo;
- Divisão do cabo geral de saída do disjuntor de 25mm em dois cabos, um de 25mm e outro de 16mm, adequando a corrente do disjuntor com o valor suportado pelos cabos. Desse modo, cada cabo será responsável por realizar a alimentação de circuitos diferentes, distribuindo a corrente do cabo de entrada em dois cabos, corrigindo a alimentação do sistema de acordo com a NBR 6148;
- Divisão dos três circuitos de ventilação existentes de acordo com recomendações vindas da experiência do próprio avicultor, conforme apresentado na Figura 5, prezando por um circuito de ventilação mínima e outros dois circuitos controlados por um sensor de temperatura, dividindo a operação dos circuitos em duas fases de ventilação.

Figura 5 - Disposição de ventiladores.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Especificamente para o circuito de ventilação, o circuito 3 será responsável por garantir a ventilação mínima do galpão, controlado por um timer cíclico. Esses ventiladores têm por finalidade garantir um melhor ambiente para os frangos em termos de concentração de CO₂, concentração de amônia e porcentagem de umidade relativa. Já o circuito 1 e o circuito 2, garantem um controle de temperatura de acordo com valores lidos de sensores de temperatura.

Vale ressaltar que perante escolha do avicultor, será projetado um painel para controle dos oito circuitos presentes no aviário, entretanto, a montagem que será executada abrange apenas quatro desses circuitos, que corresponde aos três circuitos de ventilação e o circuito de iluminação, a inserção do controle dos outros circuitos será projetada em momento posterior, não sendo objeto deste trabalho.

4.1 Escopo do Projeto

Antes da definição de cada circuito, primeiramente é importante analisar as cargas conforme seus dados técnicos, além de separar as mesmas em circuitos.

4.1.1 Análise das Cargas

As informações técnicas, assim como o fabricante e a quantidade das cargas disponíveis no aviário, são apresentadas na Tabela 3.

Em relação aos motores, as informações técnicas foram coletadas através dos dados de placa dos motores. As informações técnicas das lâmpadas utilizadas foram identificadas através do catálogo do fabricante, perante identificação do modelo de cada uma através da placa de identificação.

Tabela 3 - Características das cargas presentes no aviário.

Quantidade	Equipamento	Fabricante	P	U	In	F.P.	F.S.	Ip/In	Ip
21	Ventilador	Kohlbach	0,37	220,00	2,55	0,89	1,00	4,60	11,82
3	Ventilador	Voges	0,37	220,00	2,70	0,96	1,15	6,00	16,50
1	Nebulizador	Weg	1,50	220,00	10,50	-	1,00	7,80	82,00
1	Siloflex	Voges	0,55	220,00	5,40	0,69	1,15	4,90	27,68
4	Linhas ração	Voges	0,55	220,00	5,40	0,69	1,15	4,90	27,68
1	Aquecedor	Kcel	2,20	220,00	13,60	0,95	1,15	6,00	82,50
21	Lâmpada LED	Avante	10,00	220,00	138m	0,70	-	-	-
10	Lâmpada Compacta	Ourolux	33,00	220,00	149m	0,55	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Onde “P” representa a potência em (kW), “U” a tensão dada em (V), “In” a corrente nominal em (A), “F.P.” o fator de potência, “F.S.” o fator de serviço, “Ip/In” a relação entre a corrente de partida e a corrente nominal e “Ip” a corrente de partida em (A).

Através da identificação das cargas presentes no aviário, é realizada a divisão dos circuitos de acionamento, vale ressaltar que apenas os circuitos de ventilação foram alterados em relação aos circuitos que já haviam no galpão, onde os dois circuitos presentes na ventilação, foram divididos em três circuitos. A divisão dos circuitos é apresentada na Tabela 4, assim como as características de cada circuito calculadas com base nas características de cada carga individualmente.

4.1.2 Divisão dos Circuitos

Os circuitos divididos conforme a necessidade de aplicação, são apresentados na Tabela 4, assim como as características elétricas de cada circuito.

Tabela 4 - Divisão dos circuitos.

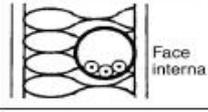
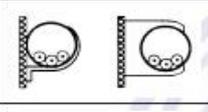
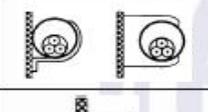
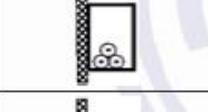
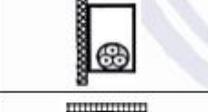
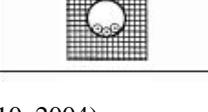
Circuito	Quantidade	Tipo	P_U	P_T	I_U	I_T	I_P	Cabo
1	Volges	2	367,75	2942,00	2,70	20,70	103,92	4
	Kohlbach	6	367,75		2,55			
2	Volges	1	367,75	4412,99	2,70	30,75	146,52	6
	Kolbach	11	367,75		2,55			
3	Kohlbach	4	367,75	1471,00	2,55	10,20	47,28	2,5
4	LED	21	10,00	540,00	0,14	4,39	-	2,5
	Fluorescente	10	33,00		0,15			
5	1	Aquecedor	367,75	367,75	13,80	13,80	82,50	2,5
6	1	Nebulizador	735,50	735,50	10,50	10,50	82,00	2,5
7	1	Siloflex	551,62	551,62	5,55	5,55	27,68	2,5
8	4	Linhas de ração	551,62	2206,50	5,55	22,20	110,72	4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Onde “P_U” é a potência unitária de cada carga em (W), “P_T” a potência total do circuito em (W), “I_U” a corrente unitária de cada carga em (A), “I_T” a corrente total do circuito em (A), “I_P” a corrente de partida do circuito em (A). Os valores do circuito são calculados através da soma dos valores unitários de cada carga. São calculados na mesma tabela o cabo correspondente a cada circuito, levando em consideração a corrente de cada circuito e a Figura 6 e Figura 7, que correspondem a Tabela 33 e Tabela 36 da NBR 5410:2004 sobre tipos de linhas elétricas e ampacidade de condução de corrente para cabos de cobre com isolamento em PVC (70°C), respectivamente. Para o dimensionamento, é considerado uma alimentação de energia com três circuitos carregados, sendo duas fases e um neutro, além de adotar o método de referência B1 para condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada.

Figura 6 – Tabela 33 da NBR 5410: Tipos de linhas elétricas.

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1

Fonte: (NBR 5410, 2004).

Figura 7 - Tabela 36 da NBR 5410: Ampacidade de condutores carregados.

Seções Nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122

Fonte: (NBR 5410, 2004).

Em alguns casos, como por exemplo no dimensionamento do circuito 1, a corrente total calculada no circuito é de 20,7A, desse modo o valor do diâmetro do cabo recomendado, segundo a Figura 6, é de 2,5mm que suporta até 21A, considerando três condutores carregados. Entretanto, a fim de garantir um fator de segurança para o cabo, ou até mesmo garantir um pequeno aumento de carga, o cabo utilizado no circuito é de 4mm. O método de fator de correção da capacidade de correção de corrente é irrelevante no dimensionamento dos cabos pelo fato da baixa potência das cargas controladas e baixa quantidade de agrupamentos de cabos, entretanto para situações diferentes da apresentada, esse método pode ser válido. Vale ressaltar que para circuitos de força, a bitola mínima recomendada pela NBR-5410 é de 2,5mm².

5 DESENVOLVIMENTO – PROJETO E DIMENSIONAMENTO

5.1 Itens do painel

O projeto do diagrama elétrico é dividido em três partes, a parte de força que corresponde ao circuito de alimentação dos componentes em campo, a parte de comando que corresponde à lógica de acionamento de cada carga e a parte de sinalização que corresponde a uma identificação visual acerca do funcionamento do sistema.

O diagrama elétrico deve conter informações referentes ao roteamento dos condutores e suas respectivas bitolas, dados dos componentes elétricos, nomes dos equipamentos e o endereçamento dos condutores.

De acordo com Santos e Kurtz (2016), para desenvolver um painel é necessário seguir os seguintes passos:

- 1) Cabeçalho: o cabeçalho deve conter informações acerca do projeto. Nele deve conter o nome do projetista, título do projeto, número da página e data de confecção;
- 2) Identificação da alimentação: É importante identificar as características da entrada de alimentação do painel como tensão de entrada, frequência e tipo de alimentação do painel;
- 3) Aterramento: o aterramento deve ser aplicado na carcaça do painel, tanto para a placa de componentes, tanto para a tampa do painel, além disso deve ser utilizado borne de entrada de aterramento destinado à conexão do aterramento da instalação elétrica, além de borne de saída de aterramento para aterramento das carcaças dos equipamentos em campo;
- 4) Bitola dos condutores: os condutores dimensionados conforme a NBR-5410, para circuitos de comando, deve-se utilizar bitolas de 1,5 mm². Para a cor dos condutores será adotado o padrão proposto na Tabela 5 ou, caso contrário, o padrão definido pela empresa;

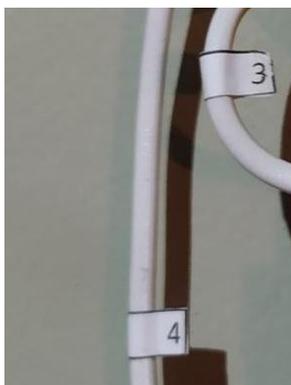
Tabela 5 - Cores dos condutores.

Condutor	Cor
Fase R	Preto
Fase S	Amarelo
Neutro	Azul
Terra	Verde
Circuito de Comando	Branco
24VCC	Vermelho (Positivo), Preto (Negativo)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

- 5) Anilhas: os cabos devem ser anilhados conforme o projeto, assim como apresentado na Figura 8, para o circuito de comando são utilizados números em sequência, para o circuito de força são utilizadas as letras R e S para identificar as fases e PE para a proteção elétrica;

Figura 8 - Anilhas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

- 6) Régua de Borne: A régua de borne tem como função permitir a conexão dos periféricos internos e os externos ao painel. Ou seja, basicamente a régua é a responsável por fazer toda a interligação entre o equipamento e o painel central. Ela é projetada da esquerda para a direita, sendo a extrema esquerda, os condutores de entrada de alimentação e, na sequência, os condutores das cargas de potência, geralmente em ordem de acionamento, e por último os bornes referentes a sequência de comando, assim como apresentado na Figura 9;

Figura 9 - Bornes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

- 7) Identificação dos componentes: os componentes devem ser identificados conforme o projeto, assim como apresentados na Figura 10, apresentando uma letra que corresponde a função do mesmo, conforme a IEC 60073, e um número que expressa a ordem desse componente no projeto;

Figura 10 - Identificação dos componentes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

- 8) Identificação das funcionalidades do painel: Esse tipo de identificação fica localizada nos componentes sobrepostos sobre a tampa do painel, assim como apresentado na Figura 11, têm por finalidade denotar a funcionalidade dos componentes superficiais à tampa do painel.

Figura 11 - Identificação das funcionalidades.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

- 9) Disjuntor Geral: o disjuntor geral realiza a proteção contra sobrecorrente, além de servir para seccionar o circuito, devem ser utilizados disjuntores separados para o circuito de força e para o circuito de comando.
- 10) Chave Seccionadora: A chave de seccionamento possui bloqueio contra rearme, conforme a NBR-12, permitindo que uma manutenção possa ser realizada sem que o painel seja energizado, assim como apresentado na Figura 12, onde a inserção de um cadeado impede a energização do painel durante a manutenção.

Figura 12 - Chave seccionadora com cadeado.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

- 11) Botão de Emergência: Segundo as normas IEC 60947-5-5 e ISO 13-850, o botão de emergência é um componente que é colocado em um local visível na máquina, sempre ao alcance do operador e que, quando acionado, têm a finalidade de parar o movimento da máquina, desabilitando seu comando.
- 12) Fim de curso: O fim de curso, para essa aplicação específica, é utilizado para impedir que o painel opere enquanto sua tampa estiver aberta, assim evita que os componentes entrem em contato com a poeira e umidade presentes no galpão, assim como podemos observar no painel conforme a Figura 13, presente no galpão antes do *retrofit*.

Figura 13: Fim de Curso.

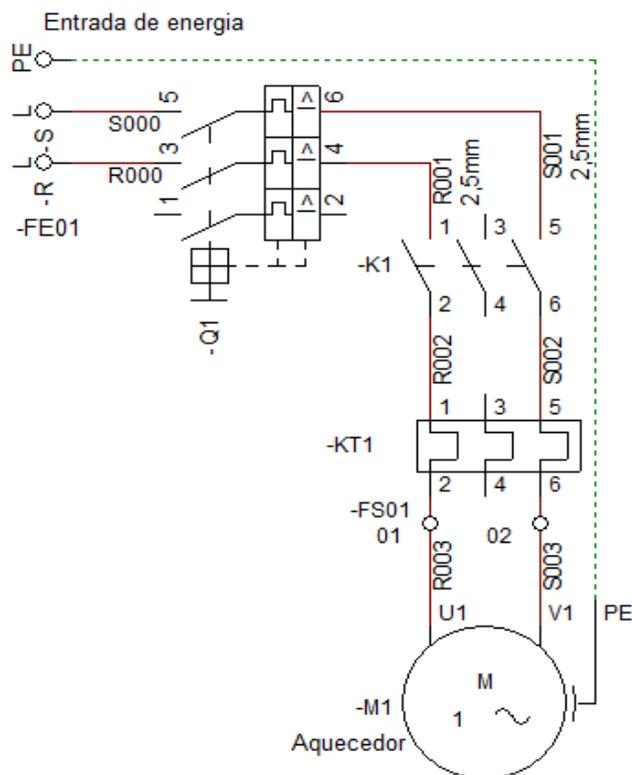


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

5.2 Projeto

O projeto foi desenvolvido no *software* CAD e SIMU, seguindo a simbologia IEC 60617, além de respeitar as Normas NBR 10068 e NBR 10582. O projeto conta ao todo com 6 páginas e é distribuído em três partes, a primeira parte é relativa ao circuito de força, correspondente às páginas 1 e 2, referidas no Anexo A e Anexo B, respectivamente. O circuito de força correspondente ao circuito do aquecedor é apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Projeto circuito de força aquecedor.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

No circuito de força do aquecedor, têm-se o acionamento do motor (M1). O projeto ressalta desde a entrada de energia (L-L-PE), disjuntor de proteção geral (Q1) dos circuitos, e os componentes específicos do circuito de aquecimento que vão desde o contator utilizado para acionamento (K1) e relé térmico para proteção individual do motor (KT1). No circuito de força são identificados os componentes, assim como cabos e bornes de conexão.

As páginas de 3 a 5 correspondem aos circuitos de comando. A página 3, denotada no Anexo C, corresponde aos circuitos de comando em corrente alternada, um destes circuitos é o de comando da iluminação, apresentado na Figura 15. O circuito de comando da iluminação abrange desde as proteções gerais dos circuitos que vão desde o disjuntor (Q2), o botão de emergência (S0), a chave rotativa (S1) e o fim de curso (S2). O componente específico do circuito de iluminação é a chave três posições (S10), utilizada para alterar a operação do circuito entre manual e automático, a bobina do contator (K8) utilizado para acionamento do circuito.

5.3.1 Contator

Para dimensionar os contadores é importante considerar um fator de segurança de 15% que leva em consideração o fator de serviço do motor, pela Tabela 1, temos que o maior fator de serviço é de 1,15, desse modo, será considerado tal fator para dimensionamento de todos os contadores, a fim de evitar superaquecimento dos mesmos. Assim, temos que a corrente dos contadores “Ic” é dada pela Equação (1).

$$I_c = 1,15 I_n \quad (1)$$

Através da corrente do contator é escolhido um modelo conforme o catálogo da WEG sobre contadores da linha CWM (WEG, 2022).

Na presente aplicação é necessário escolher um modelo de contator que possui um contato auxiliar normalmente aberto, que será utilizado na parte de sinalização a fim de indicar o funcionamento do circuito, logo esse contato auxiliar é indicado pelo prefixo “10” onde o numeral “1” indica a quantidade de contatos auxiliares do tipo NA e o numeral “0” indica a quantidade de contatos auxiliares do tipo NF, por exemplo no circuito é escolhido o modelo CWM25-10.

O prefixo posterior indica a versão do contator e a tensão utilizada nas bobinas do mesmo, no caso da aplicação no aviário, a tensão presente no mesmo é de 220V entre fases, apenas os circuitos 7 e 8 que devem possuir uma tensão em corrente contínua de 24V por se tratar de um comando que vai a campo, tendo o operador contato direto com o local de passagem da fiação, além de garantir redução no nível de ruído do sinal. Desse modo conforme o mesmo catálogo de contadores, tem-se que para uma alimentação das bobinas em 220VAC em 60HZ o prefixo é V26 e para alimentação de bobinas em 24VAC, tem-se o prefixo C34.

5.3.2 Relé Térmico

Para dimensionar os relés térmicos foi considerado o mesmo fator de segurança utilizado para dimensionar os contadores de 15%, devido a esses dispositivos estarem em série,

possuindo então a mesma corrente de circuito, desse modo a Equação 2, relaciona a corrente do relé térmico “Ik” com a corrente do contator correspondente “Ic”.

$$I_k = 1,15 I_n = I_c \quad (2)$$

Através da corrente do relé térmico é escolhido um modelo conforme o catálogo da WEG sobre RW - relés de sobrecarga térmicos (WEG, 2022). Vale ressaltar que a corrente calculada do relé térmico deve estar entre a faixa de corrente de ajuste do relé escolhido em catálogo.

5.3.3 Proteções de Dispositivos

A fim de garantir proteção tanto dos dispositivos, quanto do operador, são implementadas proteções recorrentes.

Para o circuito de força e comando são utilizados disjuntores termomagnéticos de valores de 125A e 16A para os circuitos de força e comando, respectivamente, esses disjuntores são calculados conforme a corrente total dos circuitos da Tabela 4, assim como são dimensionados os cabos referentes a parte de força, já o cabo de comando é utilizado um cabo de 1,5mm.

5.3.4 Proteções de Operação

Para impedir a operação das cargas com o painel aberto, é implementada uma chave fim de curso na tampa do painel, a mesma impede que as cargas sejam acionadas, caso a tampa do painel esteja aberta, desse modo evita possível contato do operador com a parte energizada do painel, além de evitar que o painel fique aberto e seja submetido à poeira e umidade presentes no aviário.

Para que seja possível realizar uma possível manutenção do painel ou algum equipamento em campo, com segurança, é implementada uma chave rotativa com inserção de cadeado, para que assim, através do cadeado seja possível impedir que alguém energize o painel

ou equipamento, enquanto o mesmo se encontra em manutenção, trazendo segurança para quem realiza a manutenção.

É implementado um botão de emergência do tipo cogumelo, a fim de permitir uma desenergização rápida do painel e equipamentos, caso seja necessária.

5.3.5 Sinalização

No painel montado é utilizada como base a Norma IEC 60073, onde o padrão de cores adotados é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Luzes de sinalização.

Cor	Função	Uso
Vermelho	Emergência	Sinal de parada do circuito em operação em decorrência de uma falha grave que necessita de intervenção do operador
Verde	Segurança	Sinalização correta da operação ou alerta de pronto para ser atuado
Amarelo	Anomalia	Relatar uma anomalia e requer intervenção do operador
Azul	Mandatário	Requer ação do operador para o reset (rearme)
Branco	Ordinário	Comando de funções auxiliares que não tenham relação direta com o fluxo de funcionamento do circuito

Fonte: Adaptado de (IEC 60073, 2002).

Quanto à sinalização, existem diversas normas nacionais e internacionais que se diferem entre a cor utilizada para cada função, sendo que o importante é adotar uma norma específica e informar juntamente com a entrega do projeto a função de cada cor aplicada na sinalização. É utilizada uma sinalização da cor branco para indicar que o painel está energizado, a iluminação da cor verde é utilizada em cada um dos circuitos e indica se o circuito em questão está acionado. A iluminação da cor vermelho indica uma falha do relé térmico referente ao circuito, vale ressaltar que apenas o circuito de iluminação não possui relé térmico, desse modo não possui sinalização de falha do relé térmico.

5.3.6 Chave 3 Posições

Todos os circuitos podem ser operados de forma manual ou automática, configurados conforme uma chave 3 posições, no modo automático o circuito pode ser acionado conforme um sinal controlador externo, no modo manual o circuito é energizado no momento da seleção manual.

5.3.7 Lista de Materiais

Conforme dimensionamento dos componentes, é definida a lista de materiais, apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Lista de materiais.

Item	Quantidade	Equipamento
1	1	Botão de emergência 22mm NF
2	1	Chave seccionadora rotativa c/ cadeado mínimo 16A 3 polos
3	4	Chave comutadora 3 posições 22mm
4	3	Sinaleira LED vermelho 22mm 220V
5	4	Sinaleira LED verde 22mm 220V
6	1	Sinaleira LED branco 22mm 220V
7	1	Chave fim de curso 15A 1NA+1NF com alavanca
8	1	Disjuntor termomagnético bipolar 16A 3kA Curva C
9	1	Contator CWM25-10-30 220VAC
10	1	Contator CWM32-10-30 220VAC
11	1	Contator CWM12-10-30 220VAC
12	1	Contator CWM09-10-30 220VAC
13	1	Relé Térmico RW17-2D3-U032 22...32
14	1	Relé Térmico RW27-2D3-U040 32...40
15	1	Relé Térmico RW17-1D3-U015 10...15
16	1	Disjuntor termomagnético bipolar 125A 3kA Curva C

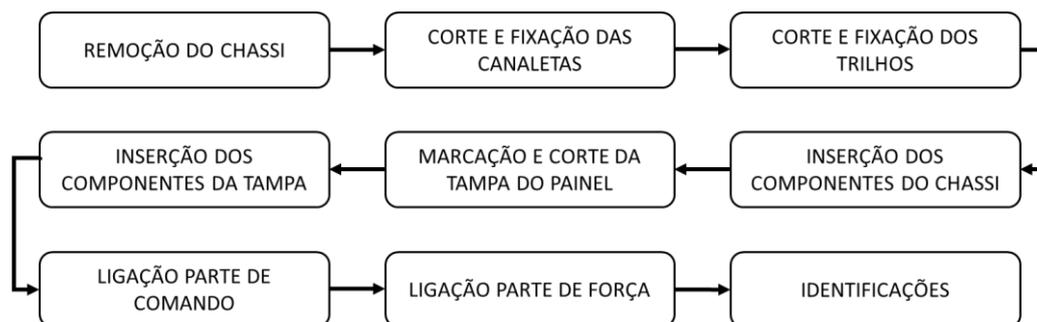
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Todo dimensionamento foi possível através do método apresentado, além de consulta à catálogos dos fabricantes.

6 DESENVOLVIMENTO - MONTAGEM

Para a montagem do painel de acordo com Freitas (2016), foram executados os passos indicados na Figura 18.

Figura 18 - Passos de montagem de um painel elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A descrição de cada passo é apresentada a seguir:

1) Remoção do chassi

O chassi deve ser removido do interior do painel, a fim de facilitar a montagem dos componentes sobre o mesmo.

2) Corte e fixação das canaletas

As canaletas devem ser cortadas de forma que as junções das extremidades formem um ângulo de 45° e as junções internas estejam perpendiculares uma com a outra, conforme apresentado na Figura 19. Desse modo é importante demarcar as canaletas antes da realização do corte. A fixação das canaletas pode ser realizada através de rebites ou parafusos auto brocantes.

Figura 19 - Montagem das canaletas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

3) Corte e fixação dos trilhos

Os trilhos do tipo DIN devem ser cortados de acordo com o espaço presente entre as canaletas, conforme denotado na Figura 20, sempre demarcando o espaço de acordo com as dimensões dos componentes fixados no trilho. É importante deixar um espaço entre os componentes e as canaletas a fim de facilitar a conexão dos mesmos. A fixação dos trilhos pode ser realizada através de rebites ou parafusos auto brocantes.

Figura 20 - Montagem dos trilhos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

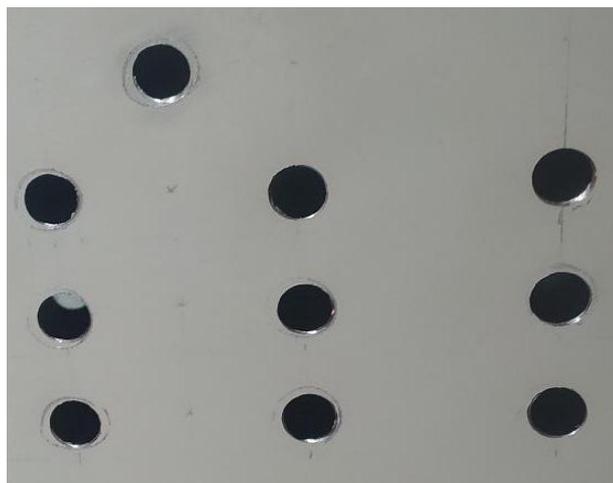
4) Inserção dos componentes do chassi

Os componentes do chassi do painel devem ser inseridos no trilho DIN conforme dimensionamento do layout, separando os disjuntores, contadores e bornes de conexão, respectivamente dispostos da parte superior para a inferior.

5) Marcação e corte da tampa do painel

A tampa do painel deve ser marcada utilizando a arruela de fixação dos componentes, além do auxílio de uma régua, após marcação dos furos, os mesmos são realizados com um fura copos ou então uma serra tico tico, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Realização de furos da tampa do painel.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

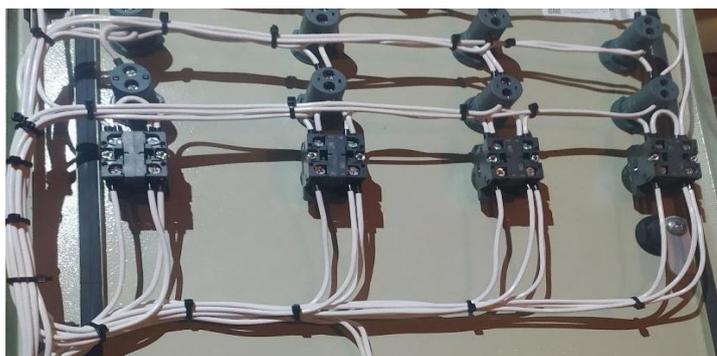
6) Inserção dos componentes da tampa

Os componentes da tampa do painel devem ser inseridos e fixados através de uma ruela que trava a parte de traz dos componentes contra o painel.

7) Ligação parte de comando

A parte de comando deve ser ligada de acordo com o projeto de acionamento, vale ressaltar que para organizar os cabos é recomendada a fixação temporária dos cabos através de fita isolante ou fita de nylon, conforme apresentado na Figura 22. É recomendado deixar sobras de cabos para dentro das canaletas, prevendo uma possível modificação no painel, além de deixar sobras para realizar a conexão entre os dispositivos da tampa com os equipamentos do chassi, essa conexão é protegida através de um espiral duto. É fundamental que sejam utilizados terminais para as partes de conexão a fim de melhorar o contato.

Figura 22 - Realização de ligações da parte de comando.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

8) Ligação parte de força

A parte de comando deve ser ligada de acordo com o projeto de força, seguindo os mesmos passos da ligação da parte de comando.

9) Identificações

As identificações são fundamentais para orientação acerca do painel elétrico perante o projeto. As identificações abrangem a parte de componentes, conforme apresentado na Figura 23, identificação de funcionalidades na tampa do painel, identificação do cabeamento de acordo com o circuito de identificação dos bornes de conexão de entrada e saída.

Figura 23 - Realização de identificação dos componentes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

7 INSTALAÇÃO E TESTES DE VALIDAÇÃO

A instalação do painel no aviário teve como início a fixação em uma parede no exterior da granja, evitando assim contato do painel com a poeira e umidade no interior do galpão. Para fixação do painel foram utilizados parafusos com bucha para alvenaria, o painel foi disposto a uma altura de 1,5m em relação a parte inferior do mesmo, a fim de facilitar a visão do operador. Após fixação do painel foram ligados aos bornes os cabos de alimentação e os cabos referentes aos circuitos de acionamento, conforme apresentado na Figura 24. Os bornes dos circuitos de comando não foram conectados pela falta de um controlador que será implementado futuramente pelo avicultor, devido a inadequação dos controladores antes presentes no aviário.

Figura 24 - Conexão dos cabos do painel.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Através da constatação de irregularidade na entrada de energia, a mesma foi readequada, realocando o disjuntor geral para a parede, abrigado contra o tempo, além de estar inserido em uma caixa de PVC com tampa. Vale lembrar que os cabos de saída do disjuntor geral foram redimensionados conforme a norma NBR-5410, além de que toda a fiação de ligação do painel teve que ser alocada para dentro de uma canaleta. O sistema completo, com o painel, o quadro de entrada de energia e a fiação disposta em canaleta, é apresentada na Figura 25.

Figura 25: Painel elétrico instalado em aviário.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Após instalação do painel, foram realizados testes de acionamentos dos circuitos, sendo necessária a calibração dos reles térmicos conforme os valores de corrente mencionados. Finalizando todos os testes de funcionamento dos circuitos e atuação dos dispositivos de proteção, além de passadas as condições de funcionamento do painel ao avicultor, o galpão foi liberado para alojamento das aves.

7.1 Plano de manutenção preventiva

Alguns fatores foram recorrentes para que os painéis do aviário chegassem ao estado de inutilização. Desse modo, um plano de manutenção preventiva é sugerido a fim de manter o painel em estado de uso adequado, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Plano de manutenção.

Semanal	Por remessa (63 dias)	Semestral
1º: Verificação da existência de poeira e umidade no interior do painel	1º: Inspeccionar as condições da borracha de vedação da porta do painel 2º: Limpeza do painel 3º: Teste de atuação dos reles térmicos 4º: Verificação dos elementos de contato	1º: Reaperto de todos os bornes e contatos 2º: Verificar condições de aquecimento dos cabos e equipamentos através de um termômetro infravermelho

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou a relevância de um profissional com formação e habilidades adequadas para administrar a execução de instalações elétricas, preferencialmente um Engenheiro Eletricista, tendo em vista que esse dispõe de todo o conhecimento necessário para que o projeto e execução venham a atender as necessidades do cliente, garantindo a conformidade com a normatização vigente, a segurança e a funcionalidade desejada por todos os envolvidos.

Elaborou-se o presente estudo com o objetivo de demonstrar como a técnica do *Retrofit* pode ser usada para a recuperação ou adequação em uma determinada empresa, no caso em questão, a empresa foi um aviário. Neste, o processo foi implementado em painéis e parte das instalações do galpão, sempre pensando em trazer a conformidade às condições gerais da gestão de energia elétrica no local.

No processo, o painel foi devidamente adequado para suportar as cargas presentes, os circuitos de força foram divididos da forma correta, assim, como os comandos e tudo foi sinalizado para facilitar posteriores manutenções. Todo o processo foi descrito passo a passo demonstrando a relevância de cada etapa planejada e executada.

Concluída a implementação da proposta, o proprietário das instalações pôde perceber a praticidade no acionamento dos circuitos e a segurança do processo, tanto para quem opera os comandos, quanto para a própria área atendida pela adequação realizada.

Para o autor dessa obra, sua execução foi extremamente válida e produtiva pois teve a oportunidade de implementar na prática, conceitos teóricos e acrescentar ao seu currículo a experiência desenvolvida que certamente lhe servirá quando no exercício profissional de sua atividade, nos anos que hão de vir.

8.1 Trabalhos Futuros

O autor desse estudo, ainda recomenda que sejam incentivadas novas pesquisas e aplicações práticas para a empresa, podendo gerenciar melhores questões como aquecimento do ambiente, nebulização, distribuição automatizada de rações e água e outros processos ligados a automatização do ambiente e dos processos ligados à atividade produtiva.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NR10** – Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>. Acesso em: 8 mar. 2022.

BARROS, Marcelo Francisco de. **Manutenção 4.0: um estudo sobre a utilização de sensores de baixo custo na inspeção de CCM industriais do trabalho**. 2020.

BRITO, P. S. dos S. de; SALAS, C. S. S.; MEDEIROS, L. de. Análise comparativa de acidentes entre funcionários próprios e terceirizados no setor elétrico brasileiro. *Brasilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 50485-50504, mai. 2021.

CAVALCANTE, I. M. **Indústria 4.0 e suas perspectivas futuras para o Brasil: uma revisão sistemática da literatura**. Monografia apresentada ao curso de Administração da Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Bananeiras, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15737/1/IMC17092019.pdf>, Acesso em: 27 fev. 2022.

EJNISMAN, M. W.; BATTILANA, C. do C. H.; ANDRADE, T. B. de. O aumento do uso de tecnologia no agronegócio: uma análise sob a ótica da proteção de dados. **TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, jul./ dez. 2019. Disponível em: https://www4.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/artigos/2019/edicao_20/teccogs20_artigo05.pdf. Acesso em: 4 mar. 2022.

FREITAS, F. K. de. **Projeto de painel elétrico agroindustrial baseado em modelo de referência: um enfoque na ergonomia cognitiva**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – IFF da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. Alegrete/RS, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/828/1/Projeto%20de%20painel%20el%C3%A9trico%20agroindustrial%20baseado%20em%20modelo%20de%20refer%C3%Aancia%20um%20enfoque%20na%20ergonomia%20cognitiva.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2022.

MELO, S. G. de. **As tecnologias facilitadoras do processo de controle de qualidade nas indústrias no contexto da indústria 4.0: um estudo bibliométrico**. Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Ouro Preto/MG, 2021. Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3153/1/MONOGRAFIA_TecnologiasFacilitadorasProcesso.pdf. Acesso em: 27 fev. 2022.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2018.

FRANCHI, C. M. **Acionamentos elétricos**. 5. ed. São Paulo: Érica, 2009.

SANTOS, A.; KURTZ, A. **Readequação de painéis elétricos as normas de segurança**. Trabalho de conclusão do curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UFTPR. Medianeira/PR, 2016. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13661/1/MD_COMIN_2016_2_03.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.

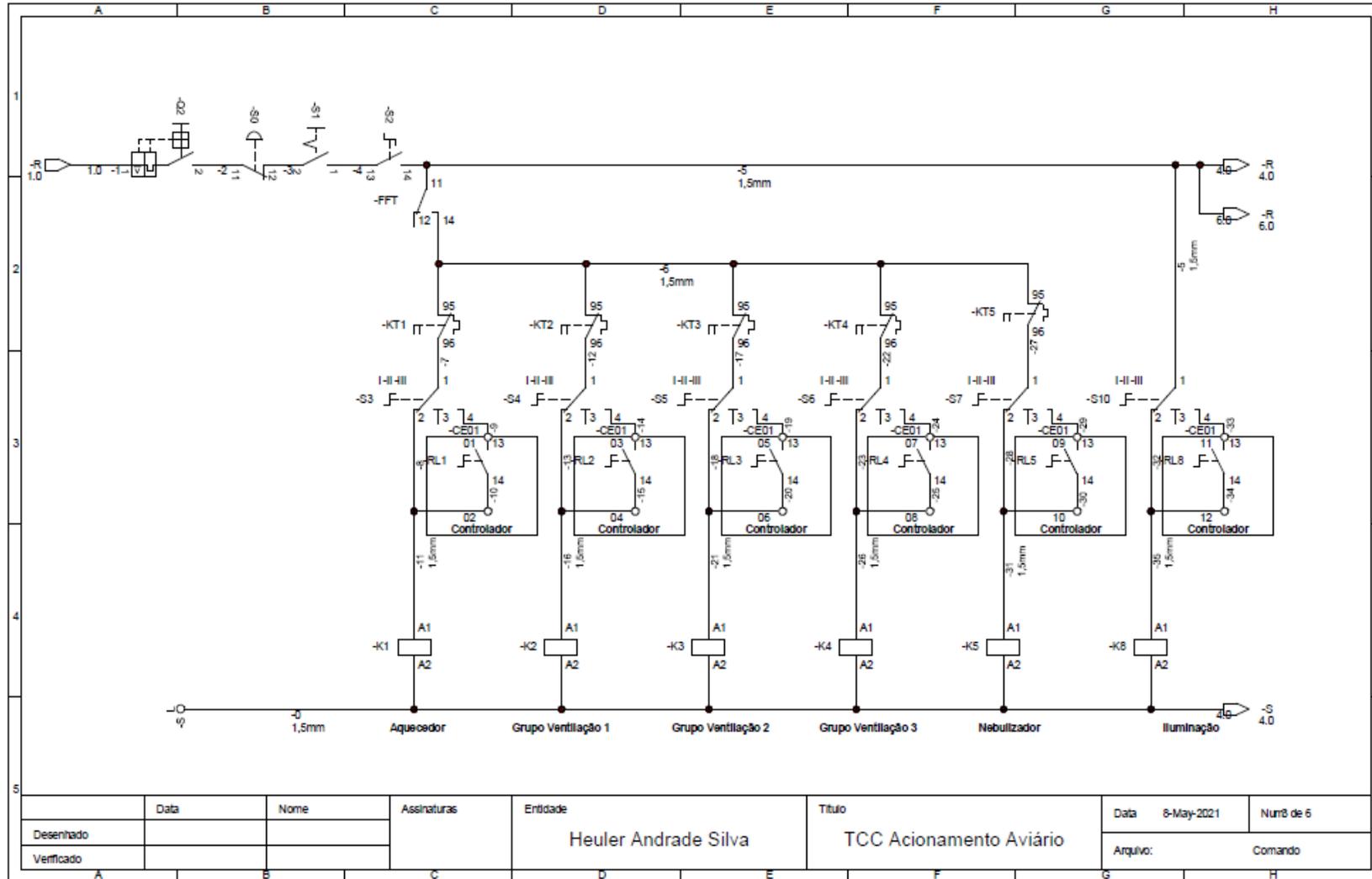
SILVA, I. de M.; ALMEIRA, B. L. de; SILVA, S. O.; FERNANDES, M. da S. **A importância do projeto elétrico e a análise da execução na cidade de Paracatu – MG**. In. Anais do 1º Simpósio de TCC das faculdades FINOM e Tecsoma, 2019. Disponível em: <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/2021042217042012.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2022.

TAQUES, M. M. **Comandos elétricos industriais: teoria**. Instituto Federal Santa Catarina, mar. 2016. Disponível em: http://joinville.ifsc.edu.br/~mtaques/Comandos%20Industriais/Apostila_ComandosIndustriais_Teoria_ProfMauricioTaqes_Vmar%C3%A7o2016.pdf. Acesso em: 9 mar. 2022.

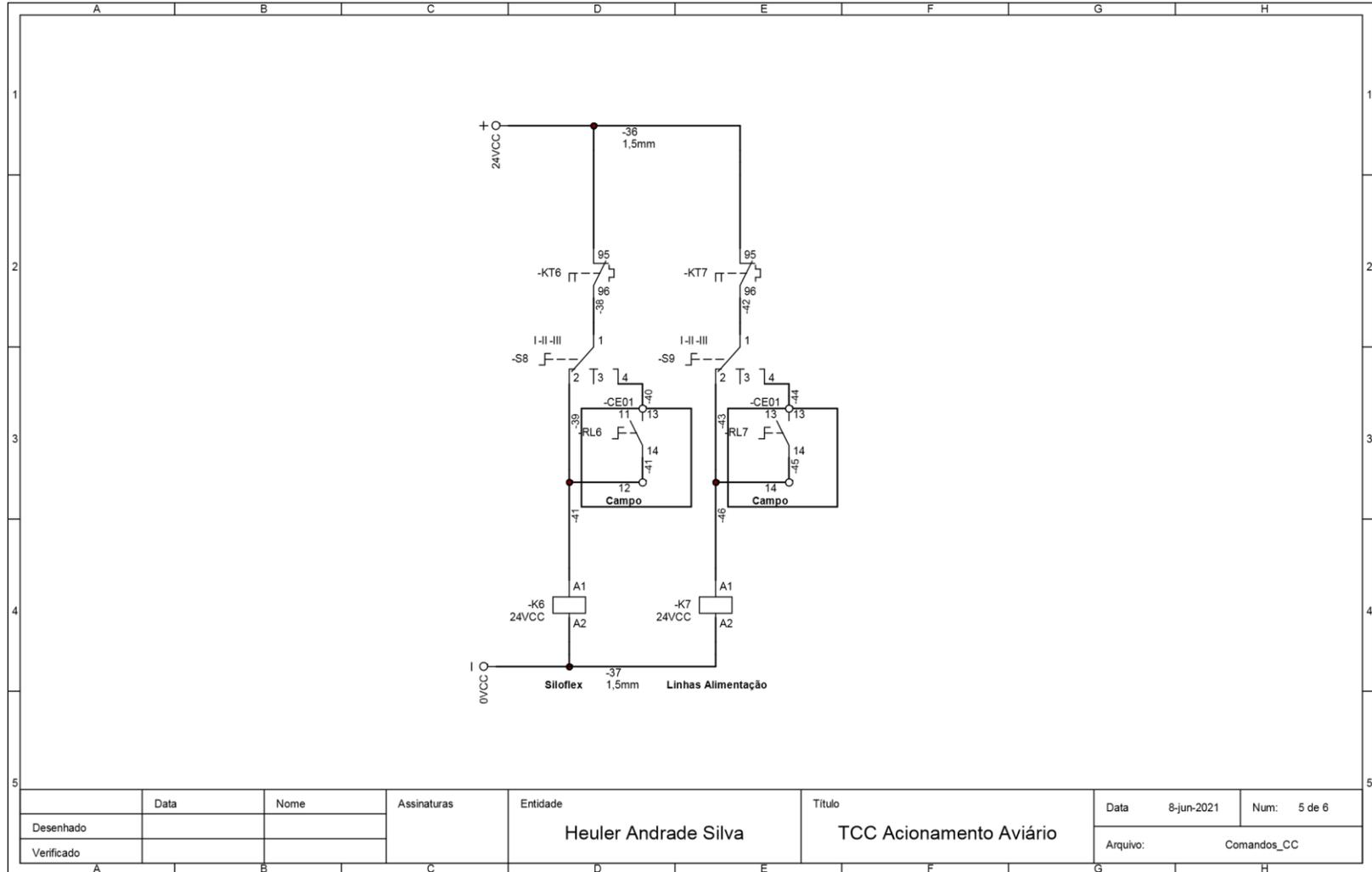
WEG, S.A. **Contatores linha CWM**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-contatores-linha-cwm-50051271-catalogo-portugues-br.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2022.

WEG, S.A. **Relé térmico de sobrecarga**. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hcd/ha1/WEG-thermal-overload-relays-RW-50070227-en.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2022.

ANEXO C – Página 3 do diagrama elétrico



ANEXO E – Página 5 do diagrama elétrico



ANEXO F – Página 6 do diagrama elétrico

