



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA O GERENCIAMENTO DE ANOMALIAS
EM USINAS**

ARTHUR FAGGIN BARROS

ORIENTADOR: MARCELO STEHLING DE CASTRO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GOIÂNIA, GO, BRASIL: 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Arthur Faggin Barros

Título do trabalho: Desenvolvimento de uma Plataforma para o gerenciamento de anomalias em Usinas

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Stehling De Castro, Professor do Magistério Superior**, em 11/12/2024, às 07:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Faggin Barros, Discente**, em 11/12/2024, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5010168** e o código CRC **8111CA65**.

Referência: Processo nº 23070.046488/2024-79

SEI nº 5010168

ARTHUR FAGGIN BARROS

Desenvolvimento de uma Plataforma para o gerenciamento de anomalias em Usinas

Trabalho de conclusão de curso apresentado na Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Elétrica e obtenção do título de Engenharia Elétrica.

Universidade Federal de Goiás - UFG

Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação - EMC

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Stehling de Castro

Goiânia, GO, Brasil: 2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Barros, Arthur Faggin

Desenvolvimento de uma Plataforma para o gerenciamento de anomalias em Usinas [manuscrito] / Arthur Faggin Barros. - 2024. XV, 15 f.: il.

Orientador: Prof. Marcelo Stehling de Castro.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC), Engenharia Elétrica, Cidade de Goiás, 2024. Bibliografia.

1. Gestão de Manutenção de Ativos. 2. Manutenção Corretiva. 3. Manutenção Preventiva. 4. Portal de Manutenção. 5. Automação de Processos. I. Castro, Marcelo Stehling de, orient. II. Título.

CDU 621.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao(s) **09** dia(s) do mês de **dezembro** do ano de **2024** iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “**Desenvolvimento de uma Plataforma para o gerenciamento de anomalias em Usinas**”, de autoria de **Arthur Faggin Barros e**, do curso de **Engenharia Elétrica**, da **Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC)** da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo Prof. Dr. **Marcelo Stehling de Castro** – EMC/UFG com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Prof. Dr. **Fernando Nunes Belchior** – EMC/UFG e Prof. Dra. **Ana Cláudia Marques do Valle** – EMC/UFG. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de **9,0**, tendo sido o TCC considerado **APROVADO**.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Stehling De Castro, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2024, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Claudia Marques Do Valle, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2024, às 10:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Nunes Belchior, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2024, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5010165** e o código CRC **909689B0**.

Desenvolvimento de uma Plataforma para o gerenciamento de anomalias em Usinas

Arthur Faggin Barros¹, Marcelo Stehling de Castro².

Universidade Federal de Goiás (UFG) - Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC) - Goiânia, Goiás, Brasil 74601-010. E-mails: arthurfaggin@discente.ufg.br¹, mcastro@ufg.br².

Resumo — Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um portal de gestão de manutenção de ativos, com foco na automação do registro, programação e análise de manutenções corretivas e preventivas. O sistema foi desenvolvido utilizando Python com *Flask*, além de HTML, CSS, *JavaScript* e *MariaDB* para armazenamento de dados. Entre as principais funcionalidades estão o registro de anomalias, a criação de planos de manutenção preventiva, o agendamento de manutenções e a visualização de dados através de dashboards. A implementação do sistema permitiu automatizar processos que anteriormente eram realizados manualmente, como o envio de alertas para manutenções preventivas e o agendamento de intervenções. Testes de usabilidade e integração foram realizados para validar a funcionalidade do portal, e os resultados indicaram uma melhora significativa na eficiência operacional e na gestão dos ativos da empresa. Além disso, o sistema demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a análise de dados de manutenção, oferecendo relatórios e indicadores que auxiliam na tomada de decisões. Por fim, o sistema contribuiu para a redução de custos operacionais e aumento da disponibilidade dos ativos, reforçando a importância da digitalização no contexto da gestão de manutenção.

Palavras-chave — Gestão de Manutenção de Ativos, Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Portal de Manutenção, Automação de Processos.

Abstract — *This work presents the development of a maintenance management portal focused on automating the registration, scheduling, and analysis of corrective and preventive maintenance. The system was developed using Python with Flask, along with HTML, CSS, JavaScript, and MariaDB for data storage. Key features include anomaly reporting, creating preventive maintenance plans, scheduling maintenance, and data visualization through dashboards. The implementation of the system automated processes previously performed manually, such as sending preventive maintenance alerts and scheduling interventions. Usability and integration tests were conducted to validate the portal's functionality, and the results indicated a significant improvement in operational efficiency and asset management. Additionally, the system proved to be an effective tool for maintenance data analysis, providing reports and indicators that support decision-making. Finally, the system contributed to reducing operational costs and increasing asset availability, highlighting the importance of digitization in maintenance management.*

Index Terms — *Asset Maintenance Management, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Maintenance Portal, Process Automation.*

I. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um portal para gestão de manutenção de ativos da Companhia Celg de Participações – CELGPAR, com o objetivo principal de centralizar em um único ambiente o registro, a programação e a análise de manutenções corretivas e preventivas, além de melhorar a eficiência operacional e a gestão dos ativos da empresa.

A ideia central do portal é proporcionar maior eficácia no controle de anomalias, facilitar o planejamento e o acompanhamento de manutenções, além de fornecer indicadores por meio de dashboards, permitindo melhor visualização dos dados.

O desenvolvimento do portal foi dividido entre *back-end* e *front-end*, utilizando a linguagem de programação *Python* em conjunto com o framework *Flask*. Já no *front-end*, foram utilizadas tecnologias como o HTML e CSS para a construção das páginas, além de *Scripts* em *JavaScript* para garantir interações dinâmicas aos usuários. O portal está sendo implementado como um site na internet, acessível através do endereço <https://pga.celgpar.com>.

Esse portal é parte de um projeto macro para o desenvolvimento de um Centro de Monitoramento de Ativos em Tempo Real, onde todos os ativos estarão em comunicação constante com o Centro, possibilitando o monitoramento contínuo de suas condições. Além disso, o portal já conta com algumas funcionalidades em funcionamento que não fazem parte do escopo deste trabalho, mas que foram desenvolvidas utilizando a mesma metodologia.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão apresentados os conceitos mais importantes para o entendimento do projeto do portal de gestão de manutenção de ativos descrito neste artigo.

A. Tipos de Manutenção

De acordo com a norma NBR 5462 [1], existem três principais tipos de manutenção: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. Cada um deles apresenta características específicas, sendo a Curva PF um elemento-chave para compreender a diferença entre essas abordagens. As estratégias de manutenção devem ser alinhadas aos objetivos de médio e longo prazo da empresa, otimizando recursos e garantindo a confiabilidade dos ativos.

1) Manutenção Corretiva

A **Manutenção Corretiva** é realizada após a ocorrência de uma falha, restaurando o equipamento às suas condições normais de funcionamento. De acordo com a NBR 5462 [1], ela é aplicada quando o ativo já não consegue executar sua função requerida. Embora necessária em alguns contextos, a manutenção corretiva é considerada a mais custosa e demorada, principalmente quando realizada em caráter emergencial.

Os custos da manutenção corretiva podem ser até sete vezes maiores que os das manutenções preventivas ou preditivas. Os principais fatores que contribuem para esses custos elevados incluem:

- **Lucro Cessante:** Interrupções no processo produtivo resultam em perdas financeiras diretas. Por exemplo um táxi parado por falha mecânica ou uma concessionária de energia interrompendo o fornecimento devido a problemas em um transformador.
- **Compras Emergenciais:** A urgência na aquisição de peças e serviços frequentemente resulta em fretes expressos e preços mais altos, elevando os custos de reparação.
- **Danos Auxiliares:** Pequenos problemas não tratados podem evoluir para falhas maiores, aumentando o escopo e o custo do reparo.
- **Tempo de Execução:** Sem planejamento prévio, a manutenção corretiva demanda mais tempo, já que a equipe precisa diagnosticar e solucionar a falha em tempo real.

Embora deva ser evitada ao máximo, a manutenção corretiva pode ser empregada de forma estratégica em equipamentos de baixa criticidade (Categoria C), que apresentam as seguintes características:

- Não comprometem a segurança ou o meio ambiente.
- Não interrompem o processo de produção.
- O custo do reparo é inferior a 10% do custo mensal de manutenção.
- Possuem equipamentos de reserva disponíveis.

Essa abordagem seletiva permite otimizar recursos e focar as manutenções preventivas e preditivas em ativos de maior criticidade, garantindo eficiência operacional sem negligenciar a segurança e a qualidade.

A literatura aponta que, para reduzir custos e aumentar a eficiência, as empresas devem buscar a redução das manutenções corretivas através de práticas proativas e planejadas [2].

2) *Manutenção Preventiva*

A **Manutenção Preventiva**, segundo a NBR 5462 [1], é definida como a manutenção realizada em intervalos predeterminados ou com base em critérios específicos, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falhas. Embora seja uma prática amplamente adotada, ela não é a solução mais econômica em todos os contextos. Estudos indicam que é eficiente em apenas 11% dos equipamentos, especialmente aqueles cuja taxa de falha está diretamente relacionada ao tempo de uso.

A execução da manutenção preventiva baseia-se em "gatilhos", que definem quando a intervenção deve ocorrer. Esses gatilhos incluem:

- **Tempo:** Exemplo - lubrificação semestral de mancais.
- **Horas de Funcionamento:** Exemplo - inspeção após 1200

horas de operação.

- **Produtividade:** Exemplo - manutenção após 1500 peças produzidas.
- **Gatilho Misto:** Combinação de múltiplos critérios (ex.: tempo e produtividade).

Embora eficaz em certos casos, a manutenção preventiva é cerca de três vezes mais cara que a preditiva. Isso se deve a:

- **Lucro Cessante Planejado:** A necessidade de parar a produção para realizar a manutenção.
- **Troca Prematura de Peças:** Componentes são substituídos antes do fim de sua vida útil, gerando desperdício.
- **Tempo Elevado:** Paradas programadas afetam a eficiência e aumentam os custos operacionais.

A manutenção preventiva pode ser ineficaz quando aplicada de forma generalizada, especialmente em equipamentos onde falhas não estão relacionadas com o tempo. Estudos mostram que monitoramento contínuo e intervenções preditivas são alternativas mais rentáveis, pois atuam diretamente sobre falhas potenciais detectadas em estágios iniciais. Dessa forma, a manutenção preventiva deve ser aplicada estrategicamente, com base em planos bem estruturados, focando a redução de falhas relacionadas ao envelhecimento do ativo.

3) *Manutenção Preditiva*

A **Manutenção Preditiva** é baseada no monitoramento constante das condições dos equipamentos, com o objetivo de prever falhas antes que aconteçam. Esse monitoramento é realizado através de medições específicas como por exemplo vibração, temperatura, análise de óleo e ultrassom, permitindo a identificação de falhas potenciais ainda em estágio inicial, prevenindo a sua evolução para falhas funcionais.

Os principais objetivos da manutenção preditiva incluem:

- **Identificação Antecipada de Falhas:** Monitorar as condições dos componentes para prever a necessidade de manutenção.
- **Eliminação de Desmontagens Desnecessárias:** Reduzindo custos e tempo ao evitar inspeções frequentes.
- **Aumento da Disponibilidade de Máquinas:** Garantindo maior tempo de operação.
- **Redução de Intervenções Corretivas:** Minimizando paradas emergenciais.
- **Aproveitamento Máximo da Vida Útil:** Utilizando os componentes até seu limite seguro.
- **Melhoria na Confiabilidade:** Aumentando a precisão do diagnóstico.

As técnicas mais utilizadas para a manutenção preditiva incluem:

- **Análise de Vibração:** Detecta desbalanceamento, desalinhamento e desgaste em componentes móveis.
- **Termografia:** Identifica áreas de alta temperatura que indicam sobreaquecimento ou falhas elétricas.
- **Análise de Óleo:** Detecta contaminação e desgaste de componentes.

- Ultrassom: Localiza vazamentos e falhas internas sem interromper a operação.

A implementação de manutenção preditiva traz benefícios como:

- Redução de Custos: Menor frequência de intervenções corretivas.
- Aumento da Segurança: Menos falhas inesperadas, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro.
- Maior Eficiência Operacional: Melhora o desempenho dos processos produtivos, aumentando a disponibilidade dos ativos.

Recentemente, essa prática vem sendo fortalecida pelo uso da Inteligência Artificial (IA), que utiliza algoritmos para processar grandes volumes de dados e identificar padrões de falhas com precisão. A IA permite que a manutenção preditiva seja ainda mais eficiente ao:

- Analisar dados em tempo real: Sensores coletam informações contínuas, como vibração, temperatura e pressão, que são analisadas por modelos de machine learning.
- Identificar padrões ocultos: A IA detecta sinais que humanos ou métodos tradicionais poderiam ignorar.
- Prever falhas com antecedência: Ao reconhecer padrões históricos, o sistema pode prever falhas futuras com alta precisão.

Alguns benefícios da IA na Manutenção Preditiva são:

- Redução de custos: Ao prever falhas, minimiza a necessidade de manutenções corretivas emergenciais.
- Aumento da eficiência: Permite o planejamento detalhado das manutenções, reduzindo o tempo de inatividade.
- Melhoria na Confiabilidade: O sistema se torna mais robusto e confiável, diminuindo interrupções não planejadas.
- Decisões baseadas em Dados: O uso de IA proporciona uma análise detalhada e contínua, auxiliando gestores na tomada de decisões informadas.

A integração de IA envolve as seguintes etapas:

- Coleta de Dados: Sensores em campo capturam variáveis críticas.
- Treinamento de Modelos: Dados históricos alimentam algoritmos de aprendizado de máquina.
- Monitoramento e análise: O sistema avalia constantemente os dados operacionais, emitindo alertas em caso de anomalias.
- Ao utilizar a IA, a manutenção preditiva evolui de um modelo reativo para um modelo proativo e preditivo, garantindo maior disponibilidade dos ativos e redução de custos operacionais.

B. Tecnologias Utilizadas

A escolha das tecnologias para o desenvolvimento do portal foi fundamentada na busca por soluções que favorecessem a eficiência e a escalabilidade do sistema.

1) Python e Flask

O Python é uma linguagem de programação de alto nível que se destaca pela sua legibilidade e simplicidade [1]. O *Flask* [3], um *microframework* para Python, oferece a flexibilidade necessária para construir aplicações web robustas e escaláveis. Com uma comunidade ativa e vasta gama de bibliotecas, o *Flask* é uma escolha popular para o desenvolvimento de aplicações que exigem rapidez na implementação e facilidade de manutenção.

2) MariaDB

Escolhido como o sistema de gerenciamento de banco de dados, o *MariaDB* [3] é uma alternativa robusta e confiável ao MySQL. Sua compatibilidade com SQL e capacidade de lidar com grandes volumes de dados são características essenciais para a gestão eficaz de informações relacionadas aos ativos e manutenções. Além disso, o *MariaDB* oferece recursos avançados, como replicação e *clustering*, que garantem a integridade e disponibilidade dos dados [5].

3) HTML, CSS e JavaScript

Para a interface do usuário, HTML [5] e CSS [6] foram escolhidos para garantir uma apresentação visual atraente e uma experiência de uso intuitiva. O uso de HTML5 permite a implementação de recursos modernos, enquanto o CSS3 possibilita a criação de layouts responsivos e esteticamente agradáveis. Scripts em *JavaScript* [8] foram adicionados para criar funcionalidades dinâmicas, como interações em tempo real e validações de formulários.

III. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento do portal de gestão de manutenção de ativos baseou-se em uma abordagem iterativa e incremental, seguindo as etapas de levantamento de requisitos, desenvolvimento técnico e validação. A seguir, detalham-se as fases do projeto e os métodos utilizados para garantir a eficiência e funcionalidade do sistema.

A. Levantamento de Requisitos e Estudo Teórico

A primeira etapa consistiu em realizar o levantamento dos requisitos necessários para a criação do portal. Com base nas necessidades da empresa e nas melhores práticas de gestão de manutenção de ativos, foram definidos os seguintes requisitos principais:

- Autenticação;
- Cadastro de ativos;
- Registro de anomalias (manutenção corretiva);
- Manutenção preventiva;
- Programação de manutenção;
- *Dashboards*.

B. Desenvolvimento das Funcionalidades

Nesta seção serão descritas as principais funcionalidades do projeto do portal de gestão de manutenção de ativos.

1) Autenticação

A funcionalidade de autenticação foi a primeira a ser desenvolvida no portal, pois desempenha um papel fundamental na segurança e na personalização da experiência dos usuários.

a) Tela Principal de Autenticação

Essa tela tem como objetivo controlar o acesso ao sistema, garantindo que apenas usuários autorizados possam visualizar e interagir com as funcionalidades específicas do portal, sendo mostrada na Fig. 1.

A implementação inicial foi simples, com uma estrutura básica de login e senha, que comparava os dados inseridos diretamente com o banco de dados. Nesse estágio inicial, a autenticação não utilizava criptografia nem métodos avançados de segurança, o que posteriormente foi aprimorado para garantir maior confiabilidade e proteção das informações.

Uma característica importante da autenticação é a associação do login ao nível de acesso do usuário. Esse nível determina quais telas ou funcionalidades estarão disponíveis, permitindo que algumas áreas sejam restritas a usuários externos ou a usuários internos com permissões limitadas. Por exemplo, usuários com permissão plena têm acesso a todas as funcionalidades administrativas, enquanto usuários externos possuem acesso controlado, baseado em suas permissões específicas.

Além do campo de login e senha, a tela inicial de autenticação apresenta duas opções adicionais para o usuário:

- "Esqueceu sua senha?": Um link para a tela de recuperação de senha;
- "Deseja criar uma conta? Faça o cadastro": Um link que redireciona para a tela de cadastro de novos usuários.

Fig. 1. Tela de Autenticação através do Login. Fonte: Autoria própria

b) Tela de Recuperação de Senha

A tela de recuperação de senha foi desenvolvida para oferecer uma solução prática e segura para os usuários que esqueceram suas credenciais de acesso. Ao clicar na opção "Esqueceu sua senha?", o usuário é redirecionado para uma

tela onde pode inserir o endereço de e-mail associado à sua conta.

O fluxo de recuperação funciona da seguinte forma:

- Validação de E-mail: Se o usuário digitar um e-mail que não está cadastrado no sistema, o portal exibe uma mensagem de alerta informando que o endereço não foi encontrado. Caso o e-mail seja válido, o sistema envia automaticamente um link de redefinição de senha para o e-mail fornecido.
- Token e Redefinição de Senha: O link enviado contém um token único associado à conta do usuário, passado como um parâmetro na URL (*query param*). Esse token garante que apenas o destinatário do e-mail possa acessar a página de redefinição de senha.
- Redefinição de Senha: Na página de redefinição, mostrada na Fig. 2, o usuário encontra dois campos: um para a nova senha e outro para confirmação. Se as senhas digitadas não corresponderem, uma mensagem de erro é exibida. Quando as senhas correspondem, o sistema atualiza a senha do usuário no banco de dados, permitindo o acesso com as novas credenciais.

Essa funcionalidade assegura que a recuperação de senha seja simples para o usuário e, ao mesmo tempo, mantenha o nível necessário de segurança, evitando acessos não autorizados.

Fig. 2. Tela de Troca de senha, através do E-mail. Fonte: Autoria própria.

c) Tela de Cadastro de Usuários

A tela de cadastro de usuários, mostrada na Fig. 4 foi projetada para atender tanto usuários internos (funcionários da CELGPAR) quanto usuários externos, garantindo que o processo de registro seja abrangente e personalizado para diferentes tipos de acesso.

Logo na tela inicial, mostrada na Fig. 3, o usuário encontra um *checkbox* para indicar se o cadastro é de um usuário interno (CELGPAR) ou de um usuário externo. Dependendo da escolha, o sistema ajusta os campos obrigatórios do formulário. Os campos comuns a ambos os tipos de usuários incluem:

- Nome completo;

- E-mail;
- Senha e confirmação de senha.

Fig. 3. Tabela de Controle de Permissões de Acesso. Fonte: Autoria própria.

Para usuários da CELGPAR, o sistema exige a inserção do número de matrícula. Caso a matrícula não esteja registrada no banco de dados, o sistema impede o cadastro e exibe uma mensagem de alerta.

Se a matrícula for válida, o cadastro é aprovado automaticamente, atribuindo ao usuário o nível mais baixo de permissões. Esse processo garante que apenas funcionários autorizados possam acessar o sistema, mesmo em níveis básicos de acesso.

Para usuários externos, além dos campos comuns, são solicitadas informações adicionais:

- CPF e RG;
- Estado e cidade de residência.

Ao concluir o cadastro, as informações do usuário externo são enviadas com status "pendente" para o banco de dados. Esse status permanece até que um administrador revise o cadastro e o aprove ou rejeite. Caso aprovado, o nível de permissão do usuário externo é atribuído automaticamente com base em um padrão pré-definido.

d) Gerenciamento de Usuários

Para gerenciar os acessos ao sistema, foi desenvolvida uma página de administração de usuários, mostrada na Fig. 4, disponível apenas para usuários com permissão plena. Essa página desempenha um papel crucial na gestão e organização das contas cadastradas, permitindo aos administradores realizarem diversas ações, como:

- Editar informações de usuários, vide Fig. 5 e Fig. 6;
- Aprovar ou reprovar cadastros pendentes de usuários externos;

- Alterar o nível de permissão de usuários internos e externos;
- Designar gestores responsáveis por usuários externos específicos.

Fig. 4. Telas de Cadastro para usuário interno (CELGPAR) ou externo. Fonte: Autoria própria.

Nome	Email	Empresa	Nome Gestor	Email Gestor	Status	Nível	Ação
Nelson Leite da Cunha	comercial@escafandroltda.com.br	Fernandes e Dulgher Serviços Subaquáticos LTDA ME	Nenhum	Nenhum	Ativo	2	Editar
CIBELE SILVANA GONÇALVES TEIXEIRA	comercial@mineral.eng.br	Mineral Engenharia e Meio Ambiente	Guilherme Pereira Silva	guilherme.ps@celgpar.com;isabella.n@celgpar.com	Ativo	2	Editar
EDUARDO RODRIGUES	financeiro@guard.seg.br	GUARD	Marcos Celestino Carvalho Junior	marcos.cc@celgpar.com	Ativo	2	Editar
Emerson Santos Soffa	emerson.ss@celgpar.com	Celgpar	Nenhum	Nenhum	Ativo	4	Editar
Zuleide Fernandes Vieira	administrativo@isbgeo.com.br	VIEIRA E FERNANDES VIEIRA LTDA	Guilherme Pereira Silva	guilherme.ps@celgpar.com;isabella.n@celgpar.com	Ativo	2	Editar
Rafael Carvalho Leite	mineral@mineral.eng.br	Mineral Engenharia e Meio Ambiente	Guilherme Pereira Silva	guilherme.ps@celgpar.com;isabella.n@celgpar.com	Ativo	2	Editar
Lisiane Mutti	lisiane.mutti@geoenergy.com.br	Geoenergy Engenharia e Serviços Ltda	Guilherme Pereira Silva	guilherme.ps@celgpar.com;isabella.n@celgpar.com	Ativo	2	Editar
Ariane Fernanda de	engenharia@rinalzaaqua.com.br	SINALIZA ÁGUAS SISTEMAS DE	Guilherme Pereira Silva	guilherme.ps@celgpar.com;isabella.n@celgpar.com	Ativo	2	Editar

Fig. 5. Tela de Edição dos dados cadastrais do usuário. Fonte: Autoria própria.

Editar perfil de Diego Augusto de Lima Santana

Email: diego.al@celgpar.com

Nome Gestor: Nenhum

Email Gestor: Nenhum

Status: Ativo

Nível: 10

Matricula Celgpar: 10522

Empresa: Celgpar

Fig. 6. Tela de Edição dos dados cadastrais do usuário. Fonte: Autoria própria.

Essas funcionalidades foram pensadas para proporcionar um controle abrangente sobre os usuários do sistema, garantindo que cada conta seja configurada adequadamente conforme suas necessidades e responsabilidades.

Por exemplo, gestores podem ser vinculados a usuários externos para supervisionar suas interações no sistema, enquanto administradores podem restringir ou expandir o acesso de usuários internos com base em mudanças organizacionais.

2) Cadastro de Ativos

A terceira funcionalidade desenvolvida foi a de cadastro de ativos, mostrada na Fig. 7, permitindo que usuários com permissões elevadas incluam novos ativos no sistema. Devido à sua complexidade, o cadastro segue uma estrutura hierárquica rigorosa para garantir a integridade dos dados.

Para cadastrar um ativo completo, todos os níveis hierárquicos devem estar registrados:

- Empresa: O usuário seleciona a empresa responsável pelo ativo a ser registrado;
- Instalação: Após a escolha da empresa, o sistema permite a seleção da instalação onde o ativo se encontra (exemplo: Sede, Usina Rochedo);
- Destino: O usuário define o status de operação do ativo, como em operação ou fora de operação;
- Função: Em seguida, é possível especificar a função do ativo (exemplo: módulo de equipamentos);
- Tipo de Equipamento: Com a função definida, o sistema permite que o usuário selecione o tipo de equipamento (exemplo: transformador, gerador);

Fig. 7. Tela de Cadastro de Ativos. Fonte: Autoria própria.

- Posição: A posição física ou local do ativo é especificada nesta etapa (exemplo: *Skid 5*);
 - Equipamento: Por fim, o usuário registra o equipamento específico (exemplo: número de patrimônio 003022).
- Cada nível hierárquico possui sua tela específica, como:
- Cadastro de Empresa: Adição de novas empresas.
 - Cadastro de Instalação: Vincula instalações à empresa correspondente.
 - Cadastro de Posição: Registra localizações precisas.

O sistema exige que cada nível anterior seja preenchido antes de habilitar o próximo, evitando inconsistências e garantindo uma base de dados sólida.

2) Registro de Anomalias (Manutenção Corretiva)

A terceira funcionalidade desenvolvida foi o módulo de registro de anomalias, mostrada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que permite aos usuários registrarem falhas ou problemas identificados nos ativos da empresa. Esse módulo adota um fluxo hierárquico de seleção, onde cada etapa oferece um nível de detalhamento maior sobre o ativo, seguindo a mesma estrutura descrita no tópico anterior:

- Empresa
- Instalação
- Destino
- Função
- Tipo de Equipamento
- Posição
- Equipamento

Para garantir a precisão dos dados e facilitar o registro, cada campo de seleção (input) é habilitado sequencialmente apenas quando o campo anterior é preenchido. Por exemplo, o campo “Equipamento” só estará disponível após a definição da “Posição”.

Além disso, a cada seleção, o sistema aplica filtros automáticos nos campos subsequentes, apresentando apenas as opções válidas, de acordo com as escolhas feitas nas etapas anteriores. Essa abordagem ajuda a evitar inconsistências e facilita a navegação do usuário, assegurando que cada anomalia seja registrada corretamente com todos os detalhes necessários.

Com as informações completas, o usuário pode descrever a anomalia ocorrida no equipamento. Os dados são salvos na tabela Ativos, referenciando a posição e o equipamento com seus respectivos *IDs*.

Cadastro de Tarefa

Tipo do equipamento:

Título da tarefa:

Descrição da tarefa:

Periodicidade:

Profissionais necessários:
 -

+

Subtarefas:
 -

+

Copiar tarefa para outros Tipos de Equipamento:
Adicionar Tipo de Equipamento

Cadastrar Tarefa

Tarefas do Tipo Equipamento Selecionado

Titulo	Ações
Nenhuma tarefa encontrada.	

Fig. 8. Manutenção Preventiva – Cadastro de Tarefa. Fonte: Autoria própria.

3) *Manutenção Preventiva*

A funcionalidade de manutenção preventiva foi desenvolvida para permitir o cadastro e a programação de manutenções regulares em ativos críticos, mostrada na Fig. 8. Essa funcionalidade é composta por dois módulos principais:

- Cadastro de Planos de Manutenção: O responsável pelo sistema pode criar planos de manutenção preventiva para diferentes tipos de equipamentos. Cada plano de manutenção é composto por:
 - Tarefas: Descrição das atividades a serem realizadas no equipamento, com periodicidade definida (mensal, trimestral, anual etc.).
 - Subtarefas: Cada tarefa pode ter subtarefas associadas que detalham atividades específicas.
 - Profissionais Necessários: O sistema permite definir os profissionais (como mecânicos,

engenheiros) que devem realizar a tarefa. Estes são associados à tabela de login, vinculando as tarefas aos usuários registrados.

- Geração de Alertas: O sistema verifica diariamente a data da última manutenção registrada em cada ativo e compara com a periodicidade das tarefas de manutenção cadastradas. Quando uma manutenção preventiva está próxima (dois meses antes da data prevista), o sistema dispara alertas automáticos via e-mail para o responsável. Esses alertas são enviados até que a manutenção seja programada, garantindo que nenhuma tarefa preventiva seja negligenciada.

Nesta funcionalidade é possível também editar tarefas, para caso contenham algum erro, excluir tarefas, caso não sejam mais necessárias, além de exportar a tarefa para outro Plano de Manutenção, caso se aplique.



Cadastro de Programação de Tarefa

Tipo do equipamento:

Selecione o tipo de equipamento



Selecionar equipamento:

Selecione o equipamento



Selecionar Tarefa:

Selecione a tarefa



Ferramentas:

Digite o nome da ferramenta



Selecionar Viatura:

Selecione uma viatura



Data início:

dd/mm/aaaa



Hora início:

--:--



Data término:

dd/mm/aaaa



Hora término:

--:--



Observações:

Gerar Ordem de Programação

Fig. 9. Programação de Manutenção. Fonte: Autoria própria.

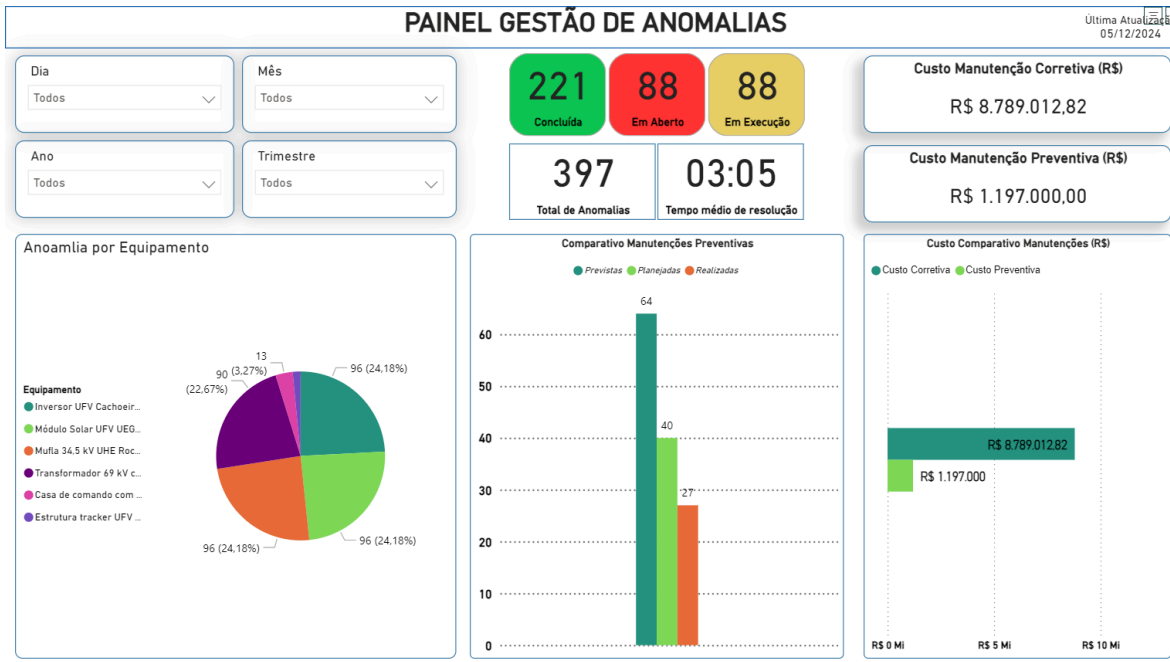


Fig. 10. Dashboards. Fonte: Autoria própria.

4) Programação de Manutenção

A funcionalidade de programação de manutenção, mostrada na Fig. 9, foi desenvolvida para permitir que os responsáveis programem manutenções corretivas e preventivas. Nesta tela, o usuário pode selecionar a data e hora da manutenção, definir efetivamente os funcionários que executarão a manutenção, as ferramentas necessárias, além de designar um veículo para a execução da tarefa. Essas informações são salvas na tabela de Programação de Manutenção, que contém os detalhes da manutenção agendada.

5) Dashboards

Para auxiliar na análise das manutenções, está em desenvolvimento o módulo de dashboards, que exibe gráficos e relatórios sobre as atividades de manutenção corretiva e preventiva realizadas, mostrada na Fig. 10. Os dashboards permitem que os gestores visualizem indicadores de desempenho, como manutenções pendentes, realizadas e o tempo médio entre falhas, ajudando na tomada de decisões estratégicas. Ainda está em fase de implementação.

Os principais indicadores que serão exibidos nos dashboards incluem:

- Número de Manutenções Corretivas e Preventivas:** Gráficos de barras que mostram a quantidade de manutenções realizadas e programadas ao longo do tempo.
- Tarefas Pendentes:** Exibe as manutenções que estão próximas do vencimento ou já estão atrasadas, ajudando os gestores a priorizarem as atividades.
- Tempo Médio entre Falhas (MTBF):** Métrica usada para medir o tempo médio entre falhas em ativos

críticos, ajudando a identificar padrões e tendências.

C. Banco de Dados

O banco de dados foi projetado para suportar as operações de gestão de manutenção de ativos. A estrutura principal consiste em tabelas que armazenam informações sobre os ativos, manutenções e tarefas associadas, mostradas na Fig. 11. A seguir estão as principais tabelas utilizadas:

- Login:** Contém as informações necessárias para realizar a autenticação de cada usuário, como e-mail e senha, além das informações específicas do usuário, como empresa, CPF, RG, permissões de acesso, dentre outras.
- Ativos:** Contém informações hierárquicas sobre os ativos da empresa, incluindo Empresa, Instalação, Destino, Função, Tipo de Equipamento, Posição e Equipamento. Cada ativo é identificado por um conjunto de IDs (*ID1* a *ID7*), permitindo o rastreamento preciso dos ativos ao longo do tempo.
- Tarefas e Subtarefas:** Essas tabelas contêm as informações sobre as tarefas de manutenção preventiva, permitindo que o sistema registre as atividades necessárias para cada tipo de ativo.
- Programação de Manutenção:** Registra as programações de manutenções corretivas e preventivas, armazenando dados sobre data, hora, funcionários e ferramentas envolvidas.

O uso de chaves estrangeiras garante a integridade dos dados e permite que as tabelas sejam interligadas, facilitando a análise e gestão eficiente dos ativos.

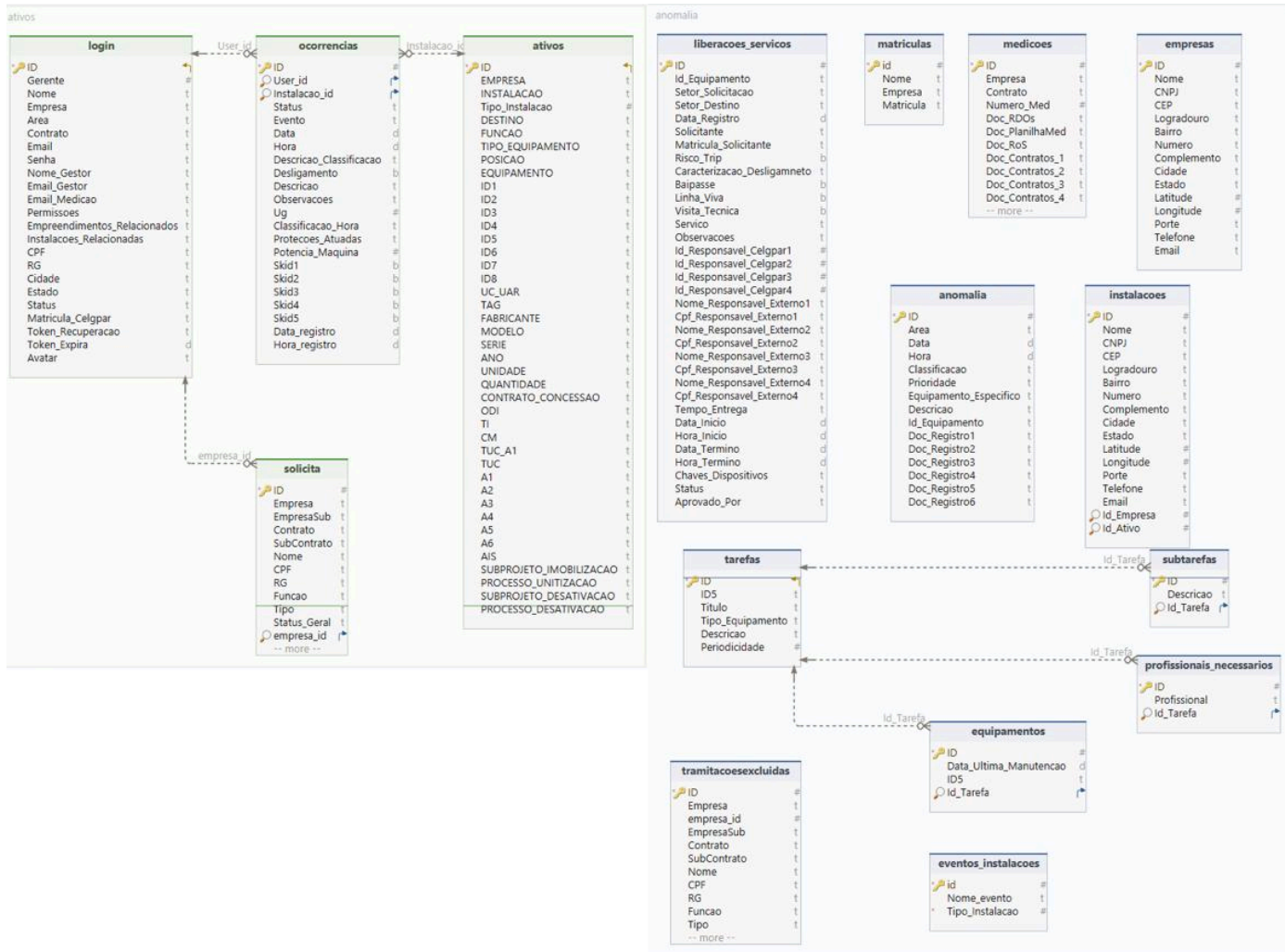


Fig. 11. Principais tabelas utilizadas. Fonte: Autoria própria.

D. Testes

Para garantir a robustez e o funcionamento adequado do sistema de gestão de manutenção de ativos, foi realizado um processo de testes e validação que envolveu testes funcionais, testes de integração e testes de usabilidade.

Esses testes foram conduzidos em três ambientes distintos: ambiente local, ambiente de homologação e ambiente de produção.

A abordagem iterativa adotada no ciclo de desenvolvimento permitiu a inclusão de melhorias constantes, com base no feedback dos usuários, assegurando que o sistema se adequasse às necessidades operacionais.

Testes Funcionais e de Integração em Ambiente Local

Os testes iniciais, compostos pelos testes funcionais e testes de integração, foram realizados primeiramente no ambiente local, ou seja, no próprio computador de desenvolvimento. Esse ambiente de testes permite uma validação inicial das funcionalidades de forma isolada, sem expor o sistema a interferências externas.

- Testes Funcionais: Avaliaram cada funcionalidade

individualmente para verificar se operam conforme os requisitos definidos. Testes unitários foram realizados no módulo de registro de anomalias, cadastro de manutenções preventivas, sistema de notificações e programação de manutenções. Cada funcionalidade foi verificada quanto à precisão no registro de dados e conformidade com o fluxo de interação esperado;

- Testes de Integração: Uma vez que as funcionalidades foram validadas isoladamente, foram realizados testes de integração para verificar o fluxo de dados entre as diversas tabelas e módulos do sistema. Esses testes garantiram que o banco de dados armazenasse corretamente as informações e que as relações entre tabelas (como Ativos, Tarefas e Programação de Manutenção) estivessem configuradas adequadamente.

Migração para o Ambiente de Homologação

Após a aprovação no ambiente local, o código recebeu uma nova versão e foi enviado para o ambiente de homologação. A migração entre ambientes foi realizada através do *Git* [9] um sistema de controle de versão que permite o rastreamento de alterações e facilita o trabalho colaborativo. O *Git* possibilita que cada atualização de código seja registrada com um

histórico de mudanças, facilitando o monitoramento de modificações e a reversão de alterações caso necessário.

O ambiente de homologação é um ambiente online destinado exclusivamente a testes e está configurado para rodar na porta 5050. No ambiente de homologação, é conduzida uma nova rodada de testes funcionais e de integração, garantindo que o sistema se mantivesse operacional e que as alterações feitas em ambiente local não gerassem conflitos ou erros.

Essa etapa é importante, pois enquanto o desenvolvimento local ocorre em um sistema operacional Windows, tanto o ambiente de homologação quanto o de produção operam no sistema Ubuntu.

Abordagem Iterativa e Evolução Contínua

Durante o desenvolvimento, foi adotada uma abordagem iterativa para que haja evolução contínua do sistema.

Essa abordagem permitiu que o desenvolvimento fosse realizado em ciclos, possibilitando a inclusão de melhorias ao longo do tempo, em resposta aos feedbacks recebidos.

Após cada rodada de testes e validações feitas pela equipe de desenvolvimento, era solicitado que os usuários utilizassem a ferramenta para que fornecessem um feedback.

Essa abordagem iterativa proporcionou um processo de evolução constante do sistema, garantindo que ele se adaptasse progressivamente às necessidades dos usuários e oferecesse uma experiência de uso mais intuitiva.

Portanto, o sistema não apenas atendeu aos requisitos iniciais, mas também incorporou diversas melhorias ao longo de seu desenvolvimento.

IV. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Com base nos testes e validações realizados, foi possível identificar que o sistema de gestão de manutenção de ativos desenvolvido já está atendendo aos requisitos funcionais e operacionais estabelecidos no início do projeto.

A. Estudo de caso

A seguir, um estudo de caso para melhor demonstração de como funciona o preenchimento de uma anomalia no portal.

Empresa	CELGPAR
Instalação	PCH ROCHEDO
Data	Seleccione a Instalação SEDE ADMINISTRATIVA PCH ROCHEDO PCH SÃO DOMINGOS
Classificação	UFV CACHOEIRA DOURADA UFV UEG ANÁPOLIS UFV CEASA

Fig. 12. Escolha da Instalação no preenchimento de uma anomalia. Fonte: Autoria própria.

Primeiramente o Usuário irá escolher a Empresa e a Instalação do ativo em que deseja informar uma anomalia. Posteriormente o usuário preencherá a Data, Hora e a classificação do nível de Emergência, e poderá adicionar

anexos como por exemplo, registros fotográficos. Posteriormente o usuário preencherá a Função, o Tipo de Equipamento, a Posição.

Função	Seleccione a função do equipamento
Tipo do Equipamento	Seleccione a função do equipamento MÓDULO EQUIPAMENTOS MÓDULO INFRA-ESTRUTURA GERAL (MIG)

Fig. 13. Escolha da Função no preenchimento de uma anomalia. Fonte: Autoria própria.

Tipo do Equipamento	Seleccione o tipo do equipamento
Posição	Seleccione o tipo do equipamento CHAVE SECCIONADORA COMPORTA ESTRUTURA DE SUPORTE PARA EQUIPAMENTO GERADOR OUTROS
Descrição	PAINEL, MESA DE COMANDO E CUBÍCULO PONTE ROLANTE, GUINDASTE OU PÓRTICO RESERVATÓRIO, BARRAGEM E ADUTORA TRANSFORMADOR DE FORÇA TRANSFORMADOR DE MEDIDA TRANSFORMADOR DE SERVIÇOS AUXILIARES TURBINA HIDRÁULICA

Fig. 14. Escolha do Tipo de Equipamento no preenchimento de uma anomalia. Fonte: Autoria própria.

Função	MÓDULO EQUIPAMENTOS
Tipo do Equipamento	CHAVE SECCIONADORA
Posição	Seleccione a posição do equipamento Seleccione a posição do equipamento CHAVE SECCIONADORA 13,8kV (246) CHAVE SECCIONADORA 69kV (508)
Descrição	

Fig. 15. Escolha da Posição no preenchimento de uma anomalia. Fonte: Autoria própria.

A cada escolha nos *Inputs*, as possibilidades de seleção vão sendo filtradas. Por último, o usuário descreve a anomalia e faz o registro.

Descrição	Mal contato elétrico nos polos.
-----------	---------------------------------

Fig. 16. Escolha da Posição no preenchimento de uma anomalia. Fonte: Autoria própria.

A seguir, são discutidos os principais resultados obtidos e as melhorias observadas no processo de gestão de manutenção.

B. Resultados Positivos

Os principais resultados positivos identificados após a implementação e testes do sistema foram:

- Eficiência no Registro de Anomalias: A funcionalidade de

registro de anomalias foi bem recebida pelos usuários, que elogiaram a simplicidade e clareza do processo. A hierarquia de seleção de ativos permitiu um fluxo ordenado e eficiente, garantindo que as anomalias fossem registradas de forma completa e organizada. Isso resultou em um aumento na velocidade de entrada de dados e na redução de erros manuais;

- **Automatização de Manutenções Preventivas:** A implementação do sistema de alertas automáticos para manutenções preventivas teve um impacto significativo na organização das atividades de manutenção. Antes da utilização do sistema, muitas manutenções preventivas eram realizadas fora do prazo, devido à falta de acompanhamento eficiente. Com o sistema em operação, as manutenções preventivas passaram a ser programadas com antecedência, reduzindo a ocorrência de falhas em equipamentos críticos;
- **Integração de Dados e Informações:** A integração entre as diferentes tabelas e funcionalidades do sistema garantiu a consistência dos dados, permitindo que as informações sobre os ativos, manutenções e profissionais fossem atualizadas em tempo real e estivessem sempre acessíveis aos usuários do portal.

C. *Desafios Enfrentados*

Durante o desenvolvimento e testes do sistema, alguns desafios foram identificados, exigindo ajustes ao longo do processo. Entre os principais desafios enfrentados, destacam-se:

- **Identificação de Dificuldades dos Usuários:** Muitas dificuldades de uso só foram percebidas após a funcionalidade já estar no ambiente de produção, evidenciando a importância de ajustes baseados no feedback real dos usuários;
- **Erros Potenciais:** Antecipar todos os erros que poderiam acontecer antes da migração para o ambiente de produção foi uma tarefa difícil. Muitos problemas só puderam ser percebidos após a utilização efetiva da funcionalidade no ambiente final;
- **Responsividade:** Inicialmente, o sistema não era totalmente responsivo a diferentes tamanhos de tela de computador, o que ocasionava problemas na visualização de algumas informações para usuários que utilizavam dispositivos com telas menores. Esse problema foi solucionado com a aplicação de ajustes de design responsivo, garantindo que os elementos da interface se adaptassem adequadamente a telas de computadores de diferentes dimensões;
- **Carregamento de dados:** A tabela de ativos contém um volume extenso de informações, o que ocasionava um tempo de carregamento prolongado ao acessar a seção de Registro de Ativos. Para resolver esse problema, foi implementada uma paginação na tabela, limitando o carregamento de dados e permitindo que os ativos fossem carregados de forma gradual, de acordo com o controle do

usuário. Esse ajuste otimizou o tempo de resposta do sistema, melhorando a experiência de navegação;

- **Armazenamento no Servidor:** Com o aumento do volume de dados ao longo do uso do sistema, o espaço de armazenamento inicialmente alocado no servidor tornou-se insuficiente, causando quedas no site e interrompendo o acesso. Ao identificar o problema, foi realizada a alocação de memória adicional no servidor, o que normalizou o funcionamento do sistema e preparou o ambiente para o crescimento contínuo de dados.

Esses desafios foram superados ao longo do desenvolvimento, e as soluções implementadas contribuíram para aprimorar a robustez, responsividade e usabilidade do sistema.

D. *Impactos Esperados*

Os impactos esperados com a implementação completa do sistema são:

- **Redução de Custos com Manutenções Corretivas:** Com o aumento da eficiência nas manutenções preventivas, espera-se que os custos associados a manutenções corretivas sejam significativamente reduzidos. Isso ocorre porque a prevenção de falhas em equipamentos críticos evita paradas inesperadas e reparos mais caros;
- **Redução de Custos com Manutenções Corretivas:** Com o aumento da eficiência nas manutenções preventivas, espera-se que os custos associados a manutenções corretivas sejam significativamente reduzidos. Isso ocorre porque a prevenção de falhas em equipamentos críticos evita paradas inesperadas e reparos mais caros;
- **Aumento na Disponibilidade dos Equipamentos:** A redução de falhas inesperadas resultará em um aumento da disponibilidade dos equipamentos, o que é especialmente importante em setores que dependem da operação contínua de ativos para manter a produtividade.

E. *Melhorias Futuras*

Com o objetivo de ampliar a funcionalidade e o impacto do sistema de gestão de manutenção de ativos, algumas melhorias foram identificadas para futuras implementações. Essas melhorias incluem a finalização dos dashboards de análise e a integração de um sistema de manutenção preditiva baseado em Inteligência Artificial (IA), que trará ganhos expressivos na eficiência e na gestão de ativos críticos.

- **Implementação dos *Dashboards*:** Atualmente em desenvolvimento, os dashboards representam uma melhoria importante para o sistema, pois facilitarão a visualização e análise dos dados de manutenção. A implementação dos dashboards permitirá que os usuários acessem relatórios dinâmicos com indicadores de performance, como a quantidade de manutenções corretivas e preventivas realizadas, o tempo médio entre

falhas (MTBF) e a quantidade de tarefas pendentes. Esses dashboards são fundamentais para dar suporte às decisões estratégicas de manutenção, pois apresentam informações em tempo real, possibilitando que os gestores identifiquem padrões e tomem decisões baseadas em dados concretos.

A visualização gráfica de dados históricos e em andamento proporciona uma visão completa do desempenho dos ativos, permitindo priorizar manutenções e ajustar a alocação de recursos de maneira mais eficiente. A expectativa é que a conclusão dos dashboards traga uma experiência de análise ainda mais intuitiva, fornecendo uma base sólida para que as manutenções sejam organizadas de forma proativa.

- Implementação de Sistema para Manutenções Preditivas através de IA: Uma das melhorias mais promissoras para o sistema é a implementação de um módulo de manutenção preditiva utilizando Inteligência Artificial. A manutenção preditiva é uma estratégia avançada que visa identificar falhas potenciais antes que se tornem falhas funcionais, reduzindo significativamente os custos de manutenção e aumentando a disponibilidade dos ativos. A implementação envolve a coleta de dados por sensores instalados nos ativos, capturando informações como temperatura, vibração e pressão. Esses dados são analisados junto com históricos de falhas para identificar padrões. Em seguida, um modelo de *machine learning* é treinado para reconhecer anomalias e prever falhas potenciais. Após o treinamento, o sistema monitora os ativos em tempo real, e quando identifica um padrão de falha iminente, emite alertas para a equipe de manutenção, permitindo ações preventivas rápidas e assertivas. A implementação desse módulo está prevista como uma fase futura, com potencial para transformar a abordagem de manutenção da empresa, passando de um modelo reativo e preventivo para um modelo preditivo, com base em tecnologia avançada e decisões orientadas por dados.

V. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do portal para a gestão de manutenção de ativos da CELGPARG representa um marco na modernização dos processos de manutenção, centralizando o registro, a programação e a análise de manutenções corretivas e preventivas em um único ambiente digital. Utilizando tecnologias como Python, Flask, HTML, CSS e JavaScript, o sistema proporciona eficiência, agilidade e segurança nas operações.

A implementação do portal terá um impacto direto na redução de custos operacionais, especialmente ao minimizar a necessidade de manutenções corretivas. Com o monitoramento contínuo e a identificação antecipada de falhas, o sistema permite reduzir intervenções emergenciais, que geralmente demandam recursos não planejados, mão de obra adicional e paralisações inesperadas, resultando em uma economia substancial para a empresa.

O portal reúne diversas funcionalidades essenciais, como:

- Autenticação: Controle de acesso seguro.
- Cadastro de ativos: Estrutura hierárquica para adicionar novos ativos.
- Registro de anomalias: Facilita a manutenção corretiva.
- Manutenção preventiva: Planejamento e controle de tarefas periódicas.
- Programação de manutenção: Agendamento de manutenções corretivas e preventivas.
- *Dashboards*: Indicadores visuais para análise de desempenho.

A futura integração com Inteligência Artificial trará ainda mais eficiência, possibilitando a adoção de manutenções preditivas. Isso permitirá que falhas potenciais sejam identificadas antecipadamente, promovendo uma gestão mais assertiva e decisões baseadas em dados concretos.

O portal já está disponível em <https://pga.celgpar.com> e encontra-se em constante desenvolvimento, testes, correções e aprimoramentos, assegurando que o sistema atenda às necessidades da empresa. As funcionalidades de Autenticação e Registro de Ativos, além de outras que não fazem parte do escopo deste trabalho, como Envio de Medições e Tela de Segurança de Trabalho, já estão em funcionamento no ambiente de produção. Por outro lado, funcionalidades como Manutenção Preventiva, Programação de Manutenção e *Dashboards* estão atualmente em testes no ambiente de homologação.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio e à colaboração de diversas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista.

Agradeço primeiramente aos meus familiares, pelo apoio constante, amor e compreensão. Em especial ao meu pai (Lauro Martins), minha mãe (Emília Faggin), meu irmão (Lauro Martins), por acreditarem em mim e estarem ao meu lado nos momentos mais desafiadores. Um agradecimento especial também para a minha tia (Marissol Martins), que sempre me incentivou a cursar Engenharia Elétrica.

À equipe da CELGPARG, em especial a Diego Augusto, Marcos Celestino, Frederico Barros, Marcela Medeiros e Nicolas Kruger, pela colaboração técnica e pelas valiosas contribuições durante o desenvolvimento do projeto.

Aos meus amigos e colegas de curso, em especial Rodolfo Pereira, Isabella Gomes, Mateus Pereira, pelo incentivo e companheirismo que tornaram essa caminhada mais leve durante o curso de Engenharia Elétrica.

Por fim, ao meu orientador (Marcelo Castro) e aos professores da Universidade Federal de Goiás, pelas orientações que foram essenciais para minha formação acadêmica e a concretização deste trabalho.

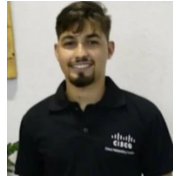
A todos, o meu mais sincero agradecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT, “Target Normas,” 01 11 1994. [Online]. Available: <https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/8044/identificar/visitante>. [Acesso em 4 12 2024].
- [2] Python Software Foundation, “Python Software Foundation,” Python Software Foundation, 02 04 2024. [Online]. Available: <https://www.python.org/about/>. [Acesso em 02 04 2024].
- [3] Pallets, “Flask’s documentation,” Pallets, 01 01 2010. [Online]. Available: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/>. [Acesso em 01 10 2024].
- [4] “Instalação do MariaDB,” [Online]. Available: <https://technologyrss.com/how-to-install-zabbix-6-4-on-debian-12/>. [Acesso em 10 Janeiro 24].
- [5] M. M. & N. Widenius, “The Business of Open Source Software: A Primer,” *Technology Innovation*, p. 8, 01 01 2014.
- [6] W3Schools, “W3Schools sobre HTML,” W3.CSS, 02 04 2024. [Online]. Available: https://www.w3schools.com/html/html_intro.asp. [Acesso em 02 04 2024].
- [7] MOZILLA DEVELOPER NETWORK, “CSS Reference,” MOZILLA DEVELOPER NETWORK, 01

01 2024. [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/CSS/Reference>. [Acesso em 01 10 2024].

- [8] D. DOUGLAS, *JavaScript: The Definitive Guide*, São Francisco: O'Reilly Media, 2015.
- [9] GITHUB INC, “GitHub,” GITHUB INC, 01 01 2024. [Online]. Available: <https://github.com>. [Acesso em 01 10 2024].



Arthur Faggin Barros é estudante de graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Goiás. Atua como Auxiliar de Engenharia Elétrica na empresa CELGPAR.



Marcelo S. de Castro graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1992), com mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1995) e doutorado em Engenharia Elétrica pela UnB (2010). Professor Associado da Universidade Federal de Goiás, tendo ingressado em 1996.