

FERRAMENTA DIGITAL PARA GESTÃO E MONITORAMENTO DE MANUTENÇÕES EM ELEVADORES

DIGITAL TOOL FOR MANAGING AND MONITORING ELEVATOR MAINTENANCE

Heloisa Pereira da Silva - Faculdade de Tecnologia “Adib Moisés Dib” de São Bernardo do Campo
heloisa.silva17@fatec.sp.gov.br

Letícia Danielle F. A. Cecílio - Faculdade de Tecnologia “Adib Moisés Dib” de São Bernardo do Campo
leticia.cecilio@fatec.sp.gov.br

Luana Leal Marsola - Faculdade de Tecnologia “Adib Moisés Dib” de São Bernardo do Campo
luana.marsola@fatec.sp.gov.br

Prof. Me. William Aparecido Celestino Lopes - Faculdade de Tecnologia “Adib Moisés Dib” de São Bernardo do Campo
william.lopes17@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A manutenção eficiente de elevadores é fundamental para garantir segurança, acessibilidade e funcionalidade em edifícios residenciais e comerciais. No entanto, falhas operacionais e a ausência de um controle preventivo adequado podem gerar transtornos, aumentar custos e comprometer a segurança dos usuários. Diante desse cenário, o trabalho tem como objetivo desenvolver e validar o LiftCare, um aplicativo voltado à gestão e monitoramento de elevadores, baseado nos princípios da Indústria 4.0 e na metodologia *Design Science Research* (DSR).

O LiftCare visa integrar moradores, visitantes e técnicos de manutenção em uma plataforma única, permitindo o acompanhamento em tempo real das condições dos elevadores e facilitando a comunicação entre os usuários. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma Power Apps, com foco em uma interface simples e intuitiva, e sua validação foi realizada por meio da aplicação de um questionário com 44 participantes, entre técnicos e usuários, para avaliar usabilidade, desempenho e efetividade da solução proposta.

Os resultados apontaram que os participantes consideraram o LiftCare fácil e intuitivo, afirmaram sentir maior segurança no uso dos elevadores a partir dos registros de manutenções e ressaltaram a melhora na comunicação entre usuários e equipes de manutenção.

Conclui-se que o LiftCare representa um passo importante para a digitalização da manutenção predial, promovendo segurança, transparência e eficiência operacional. A solução apresenta relevância técnica e social, com potencial de aprimoramento e integração a tecnologias emergentes, como IoT e análise de dados em tempo real, consolidando-se como uma ferramenta inovadora no setor de manutenção de elevadores.

Palavras-chave: Aplicativo Móvel; *Design Science Research*; Gestão de Elevadores; Manutenção Preditiva; Transformação Digital.

ABSTRACT

Efficient elevator maintenance is essential to ensure safety, accessibility, and functionality in residential and commercial buildings. However, operational failures and the lack of adequate preventive control can cause disruptions, increase costs, and compromise user safety. In this context, this study aims to develop and validate LiftCare, an application designed for elevator management and monitoring, based on the principles of Industry 4.0 and the *Design Science Research* (DSR) methodology.

LiftCare seeks to integrate residents, visitors, and maintenance technicians into a single platform, allowing real-time monitoring of elevator conditions and facilitating communication among users. The application was developed using the Power Apps platform, focusing on a simple and intuitive interface. Its validation was carried out through a questionnaire applied to 44 participants, including technicians and users, in order to evaluate usability, performance, and the effectiveness of the proposed solution.

The results showed that participants found LiftCare easy and intuitive to use, reported an increased sense of safety when using elevators through maintenance

records, and highlighted improvements in communication between users and maintenance teams.

It is concluded that LiftCare represents an important step toward the digitalization of building maintenance, promoting safety, transparency, and operational efficiency. The solution demonstrates both technical and social relevance, with potential for enhancement and integration with emerging technologies such as IoT and real-time data analysis, establishing itself as an innovative tool in the elevator maintenance sector.

Keywords: Digital Transformation; Elevator Management; Mobile Application; Predictive Maintenance; Design Science Research.

1. INTRODUÇÃO

A gestão e monitoramento de elevadores apresentam desafios significativos em edifícios comerciais e residenciais, especialmente em contextos de alta demanda e necessidade de manutenção preditiva. A crescente digitalização e a adoção de tecnologias têm impulsionado soluções inovadoras para otimizar a operação desses equipamentos essenciais (LAI *et al.*, 2019).

O uso de sistemas de controle avançados tem sido amplamente estudado, onde se destacam abordagens baseadas em inteligência artificial e lógica fuzzy para a melhoria do tráfego de elevadores, como apresentado por ChangBum Kim (1998) no estudo “*Design and implementation of a fuzzy elevator group control system*”, publicado pelo IEEE. Nos últimos tempos a integração da Internet das Coisas (IoT) e do aprendizado de máquina vem ampliando essas possibilidades, apresentando impactos positivos na parte de eficiência operacional, na redução de custos de manutenção e na diminuição do tempo de parada dos equipamentos, uma vez que sensores permitem a coleta de dados em tempo real e sistemas preditivos ajudam na identificação rápida de falhas (HUANG, 2025; KARIM, 2025; ZARO, 2023).

Apesar desses avanços tecnológicos, muitos edifícios ainda utilizam métodos tradicionais baseados em processos manuais ou em comunicações não centralizadas

entre moradores e equipes de manutenção. Isso dificulta o acompanhamento do histórico de manutenções, compromete as informações e atrasa a identificação de falhas, impactando a segurança dos usuários e a confiabilidade do sistema.

A proposta deste aplicativo é atender as demandas que existem no mercado, fornecendo assim uma interface intuitiva para usuários como moradores, equipe de manutenção e os administradores de prédios. A parte prática do sistema realiza o monitoramento do funcionamento dos elevadores, o envio de alertas de falhas e a criação de relatórios de análise que ajudam na tomada de decisão. Dessa forma, temos a busca por reduzir falhas inesperadas, melhorar a comunicação entre os usuários e aumentar a sensação de segurança nos elevadores.

A partir disso, o objetivo geral do projeto é desenvolver um aplicativo para gestão e monitoramento das manutenções de elevadores, trazendo transparência, segurança e comunicação entre moradores e técnicos de manutenção. Buscamos entender as principais necessidades na gestão de manutenções de elevadores; projetar e desenvolver um protótipo funcional integrando sensores IoT para o monitoramento de condições ambientais; e avaliar a usabilidade da solução proposta a partir da validação dos usuários.

A aplicação de aprendizado de máquina na detecção e predição de falhas em equipamentos industriais tem mostrado resultados promissores na prevenção de falhas e na redução de custos de manutenção (ATASSI, 2023). Espera-se que os resultados deste estudo contribuam significativamente para o avanço da automação e inteligência na gestão de elevadores, promovendo maior segurança, eficiência e sustentabilidade para o setor.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Transformação digital de sistemas de monitoramento e gestão de elevadores*

Com o constante crescimento da urbanização, a necessidade de sistemas eficientes e bem gerenciados de elevadores vem aumentando cada vez mais. A mudança de tecnologias para monitorar elevadores seguiu de perto o crescimento das revoluções industriais (ARYA, 2023). Os antigos sistemas de transporte via elevadores apresentaram limitações nas suas habilidades de inspeção e sistemas simples de

vigilância, dificultando a descoberta rápida de problemas e comprometendo a eficiência no trabalho (AHMED, 2022).

A chegada dos sistemas digitais para lidar com elevadores trouxe grandes melhorias; sistemas como o Internet das Coisas (IoT) ligam elevadores a plataformas onde é possível acompanhar em tempo real alguns parâmetros como velocidade, temperatura e vibrações. Integrando essas ferramentas em aplicativos móveis, o controle é facilitado (HODAVAND, 2023).

Estes tipos de sistemas não só aumentam a proteção, mas também acarreta a melhora do desempenho geral dos elevadores, diminuindo falhas inesperadas e aumentando a vida útil dos aparelhos. Além disso, os aplicativos de controle disponibilizam funções que permitem agendar serviços e que os técnicos de manutenção possam receber alertas automáticos para aumentar o controle e segurança, além da redução dos custos operacionais, assegurando a continuação do serviço de forma mais segura e eficiente (YAO, 2022).

2.2 *Comunicação digital entre usuários e equipes de manutenção*

A eficácia da gestão de elevadores depende diretamente da transparência e da agilidade na comunicação entre os três perfis principais que o utilizam: moradores, administradores e equipes técnicas de manutenção. Na forma mais tradicional a comunicação é por telefone ou e-mail, o que resulta em atrasos na notificação de falhas e falta de transparência sobre o status da manutenção (AHMED, 2022).

Um fator importante para garantir o sucesso dessa comunicação, é trabalhar no processo de forma que aconteça a centralização de chamados, permitindo que o usuário registre solicitações de manutenção e feedback de forma intuitiva, digitalizando o processo que antes era manual. Ademais, trabalhar nas notificações em tempo real, garantindo transparência e confiança para o síndico e o usuário. (AFREEN, et al, 2021). Além disso, garantir uma interface centrada no usuário. O design da aplicação deve ser claro e responsivo para garantir a usabilidade, especialmente ao lidar com informações de segurança e emergência.

Essa integração digital transforma a experiência do usuário e otimiza a eficiência das equipes. Aplicativos móveis permitem que os técnicos possam acessar o histórico completo do elevador e as informações de diagnóstico em campo, resolvendo problemas com mais rapidez.

2.3 *Protocolos de segurança em emergências*

A segurança dos usuários de elevadores é administrada por normas técnicas e regulamentos locais como os da ABNT no Brasil para garantir a segurança tanto dos elevadores quanto das pessoas que usam os mesmos. No caso dos aplicativos para monitoramento de elevadores é essencial que essas normas sejam seguidas. Isso garante que em situações urgentes o sistema funcione bem, fornecendo as informações necessárias para um resgate (LAI, et al, 2024).

Existem normas específicas que podem orientar diretamente o desenvolvimento de aplicativos voltados à segurança e comunicação em emergências, como por exemplo a ABNT NBR ISO 45001, que inclui planos de resposta a emergências e monitoramento preventivo, se alinhando às funcionalidades de manutenção e controle do sistema (MALINDA, et al, 2022)

Em situações como falhas mecânicas ou incêndios, é necessária uma reação rápida, por isso os aplicativos para monitoramento dos elevadores deveriam ser feitos para facilitar esse processo. Recursos como o botão de emergência no aplicativo são essenciais, alertando instantaneamente a equipe de manutenção e se necessário, os serviços de emergência, fazendo com que o problema seja resolvido de forma mais eficaz e segura. Ademais, a implementação de módulos de treinamento sobre como agir em emergências com vídeos e instruções pode ajudar os moradores a responder a essas situações com mais calma e eficácia (LIU, 2023)

Outro ponto importante é a comunicação entre o usuário e a equipe de resgate ou segurança. Em uma emergência, é fundamental manter canais de comunicação claros e rápidos (CHEHADÉ, 2020). Aplicativos modernos já incluem recursos de chat ao vivo ou notificação automáticas, permitindo que os usuários se comuniquem diretamente com os técnicos e recebam orientações práticas (CARRERAS-COCH, 2022).

3. METODOLOGIA

Este trabalho adota dois métodos principais, estudo referencial bibliográfico e o *Design Science Research* (DSR), que foi utilizado como base metodológica para o desenvolvimento da solução tecnológica.

A pesquisa seguiu o método científico, por meio de um estudo referencial bibliográfico que abordou a análise de artigos científicos, dissertações e publicações especializadas. Tal procedimento permitiu identificar, selecionar e sintetizar a produção existente sobre o tema, com o intuito de mapear o estado da arte e estruturar um referencial teórico que fundamenta a investigação e orienta as etapas metodológicas subsequentes.

Conforme apontado em literatura conceituada, a adoção de revisões sistemáticas ou estudos referenciais bibliográficos com procedimentos replicáveis e transparentes é fundamental para assegurar 1) a delimitação adequada do problema de pesquisa; 2) o reconhecimento de lacunas teóricas; e 3) a sustentação metodológica de hipóteses ou modelos conceituais (LINNENLUECKE et al., 2020; CARRERA-RIVERA et al., 2022).

O método DSR tem como objetivo criar artefatos inovadores por meio de um processo estruturado e interativo, dividido em etapas como: identificação do problema, definição dos objetivos, construção, demonstração e avaliação da solução proposta. Esse método é amplamente utilizado em pesquisas aplicadas, pois permite que a solução desenvolvida seja testada e validada na prática, ao mesmo tempo em que mantém um rigor científico.

O procedimento metodológico foi organizado em etapas sequenciais, representadas por um fluxograma que ilustra de forma clara o percurso adotado na pesquisa. Nele são apresentadas as fases que vão desde a fundamentação teórica e identificação do problema, até a definição de objetivos, desenvolvimento do protótipo, realização de testes e validação prática, alinhando cada etapa ao método DSR, conforme indicado na Figura 1.

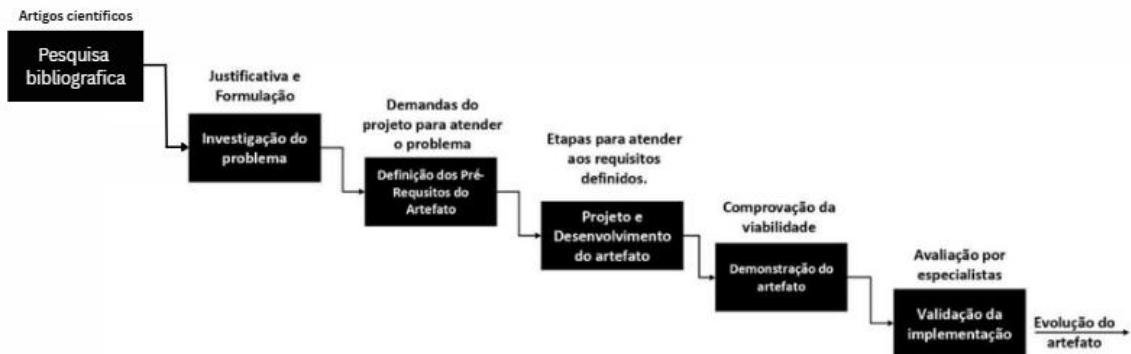


Figura 1: Método DSR

Fonte: Adaptado do autor PEFFERS et. al (2025)

3.1 Identificação e Formulação do Problema

A primeira etapa do método consiste na identificação e análise do problema a ser resolvido. Nesse momento, serão investigadas as limitações do cenário atual em relação à manutenção de elevadores em edificações residenciais e comerciais. A ausência de um sistema eficiente de gestão contribui para falhas operacionais, aumento de custos com reparos emergenciais e riscos à segurança dos usuários.

Para compreender melhor sobre o problema, foi aplicado um questionário elaborado no Google Forms, que teve como público-alvo moradores, visitantes e profissionais da área de manutenção predial para identificar necessidades, dificuldades e expectativas sobre o uso de tecnologias para a gestão de elevadores. Essa etapa teve um papel essencial na coleta de informações que serviram de base para o desenvolvimento do LiftCare.

3.2 Definição dos Objetivos e Requisitos da Solução

A segunda etapa do método foi a definição dos objetivos e requisitos para o desenvolvimento do aplicativo LiftCare. Essa fase basicamente busca interpretar as necessidades identificadas na etapa anterior, definindo quais são os objetivos da solução proposta e quais são os elementos indispensáveis para alcançar o resultado esperado. As informações obtidas com o questionário aplicado no Google Forms ajudaram a compreender as expectativas dos usuários, permitindo o direcionamento do sistema para cumprimento dessa demanda.

O objetivo geral do projeto é desenvolver uma ferramenta digital para otimizar a gestão de manutenções de elevadores, promovendo controle, segurança e integração entre moradores, síndicos e equipes técnicas de manutenção. Partindo desse ponto, foram definidos parâmetros que orientaram o desenvolvimento do protótipo, como o registro detalhado de manutenções, a inclusão de checklists e a disponibilização de relatórios para acompanhamento das manutenções realizadas anteriormente.

Também foram definidos requisitos voltados à usabilidade, acessibilidade e compatibilidade com diferentes dispositivos e segurança das informações contidas no aplicativo. Essa etapa serviu como base para o desenvolvimento do protótipo no método DSR. Assim o LiftCare foi planejado de acordo com os resultados obtidos na pesquisa e com as necessidades reais dos usuários, garantindo que a solução proposta fosse eficiente, confiável e realmente útil no contexto da manutenção de elevadores.

3.3 Construção do Artefato Tecnológico

A terceira etapa corresponde à construção do aplicativo LiftCare. Nessa fase, são aplicadas ferramentas e tecnologias adequadas para o desenvolvimento do protótipo. Entre elas, se destaca o uso do Microsoft Power Apps, uma plataforma de desenvolvimento que permite a criação rápida e eficiente de aplicativos personalizados. Com essa ferramenta foi possível estruturar uma interface intuitiva, adaptada aos diferentes perfis de usuários, e integrar funcionalidades com outras soluções da Microsoft, sensores IoT e bancos de dados na nuvem.

O protótipo inclui funcionalidades como monitoramento por emissão de alertas, registro de manutenção e controle de acesso por perfil de usuário. O processo de construção é interativo, permitindo ajustes contínuos conforme os testes iniciais e validações parciais forem realizadas. Também foi implementado um botão de emergência com instruções e a possibilidade de notificação imediata, atendendo a requisitos de segurança identificados na pesquisa inicial de identificação do problema.

Ademais, entre os requisitos definidos para o projeto, foi identificada a necessidade de desenvolver um suporte físico para o circuito de sensores IoT, visando

a futura integração com o aplicativo LiftCare.

Para a simulação da integração entre o aplicativo LiftCare e o monitoramento, foram utilizados sensores de temperatura e umidade conectados a uma placa ESP32, demonstrado na figura 2 a seguir, onde possui conectividade Wi-Fi integrada. Esses sensores têm como função monitorar as condições ambientais do interior do elevador, permitindo a coleta e o envio de dados em tempo real para a base de dados do sistema.

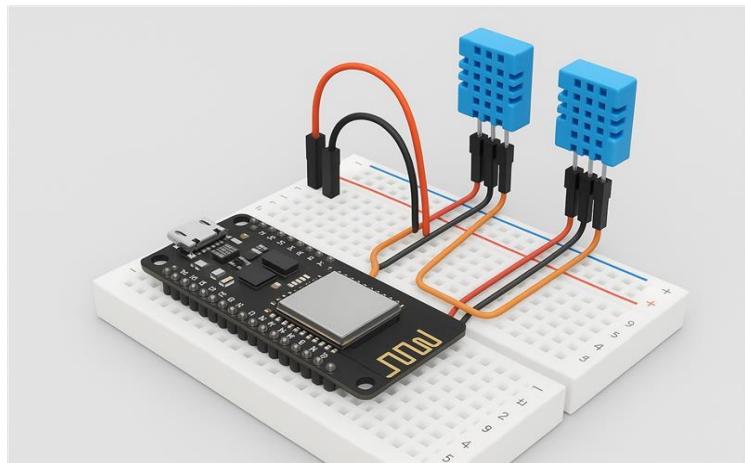


Figura 2: Protótipo das ligações

Fonte: Autores (2025)

Essa abordagem foi planejada para alinhar o artefato às necessidades reais dos usuários, priorizar funcionalidades críticas e facilitar correções de problemas de usabilidade antes da etapa de demonstração e validação.

3.3.1 Impactos da umidade e temperatura no funcionamento de elevadores

A umidade e a temperatura são fatores ambientais que influenciam diretamente no desempenho e na durabilidade dos elevadores. Em ambientes muito úmidos como litorais por exemplo, componentes metálicos ficam mais sujeitos à corrosão, e com o tempo essa corrosão pode comprometer o alinhamento de peças, aumentar o atrito durante a movimentação da cabine e exigir manutenções mais frequentes nos elevadores, por isso é importante monitorar esses fatores.

Já a temperatura, interfere na parte mecânica e elétrica do sistema, pois o motor do elevador trabalha com temperaturas muito altas, e dessa forma existe o risco de superaquecimento, que reduz a eficiência e pode acelerar o desgaste interno dos componentes do elevador. Em componentes mecânicos o calor pode causar dilatação de peças, que afeta o encaixe entre engrenagens e freios.

Isso justifica o acompanhamento contínuo de temperatura e umidade para identificar condições que possam causar falhas e para orientar possíveis manutenções preditivas, buscando reduzir tempo do elevador inativo e prolongar a vida útil do equipamento.

3.4 Demonstração do Funcionamento

A quarta etapa foi a demonstração da solução desenvolvida. Foram realizados testes simulados em condomínios e empresas da área com 44 usuários variando entre moradores, visitantes e técnicos de manutenção. Essa demonstração permite observar o comportamento do sistema e a interação dos usuários com a interface desenvolvida no Power Apps, coletando feedbacks para ajustes no sistema do LiftCare.

3.5 Avaliação e Validação do Artefato

Por fim, a quinta etapa trabalha a avaliação e validação do artefato, tendo como objetivo verificar se o aplicativo LiftCare cumpre os requisitos definidos nas fases anteriores, analisando a usabilidade, desempenho e efetividade do sistema. Foi aplicado um questionário online elaborado por meio da plataforma Google Forms, direcionado principalmente a técnicos de manutenção e profissionais da área de elevadores para realizar essa validação.

O questionário teve o foco de avaliar a eficácia das funcionalidades propostas no aplicativo, como o botão de emergência, o sistema de feedback dos moradores e o registro de manutenções, e também medir a clareza e a facilidade de uso do sistema. As perguntas foram estruturadas em formato misto, combinando questões com escalas para mensurar o grau de satisfação e questões abertas que permitiram aos

participantes oferecer sugestões sobre o aplicativo.

Escolhemos esse método de validação por conta da possibilidade de coletar dados qualitativos e quantitativos, para assim termos visão mais ampla sobre a aceitação do LiftCare. Essa coleta de percepções dos profissionais da área contribui para a validação do artefato conforme o método DSR (*Design Science Research*).

4 Resultados e discussões

Ter a compreensão detalhada do problema é essencial para o desenvolvimento de soluções. O foco desse projeto é analisar e identificar os principais problemas em prédios residenciais e comerciais, especificamente na área de manutenção de elevadores, e com essa análise foi possível evidenciar falhas recorrentes nos sistemas de gestão tradicionais. A partir disso foi possível criar uma proposta baseada nos princípios da Indústria 4.0, com o intuito de transformar o cenário atual por meio da automação, conectividade e inteligência de dados, com o uso do Power Apps como ferramenta principal de desenvolvimento do sistema LiftCare.

4.1 Descrição do Problema

Com a análise dos resultados do questionário aplicado no Google Forms para coleta de dados, foi possível entender melhor os principais problemas enfrentados por moradores, visitantes e técnicos de manutenção referente a gestão dos elevadores. Identificamos que a ausência de um sistema de controle e registro das manutenções gera insegurança e falta de comunicação entre os usuários e as equipes responsáveis pelas manutenções.

Segundo Arya (2023), com o crescimento da urbanização, a necessidade de sistemas de gerenciamento eficazes de elevadores se torna maior, evidenciando os dados coletados, na figura 3 mostrada a seguir é possível analisar que 67,6% dos participantes deram nota máxima de nível de interesse em ter acesso às informações sobre o estado e a manutenção dos elevadores de seus prédios.

3. Em uma escala de 1 a 5, qual o seu nível de interesse em ter acesso a informações sobre o estado e manutenção dos elevadores do local onde está?

34 respostas

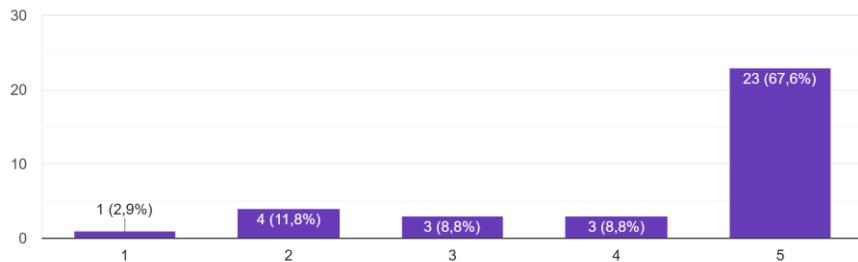


Figura 3 – Interesse dos usuários em informações de manutenção dos elevadores.

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Referente a sensação de segurança ao ter acesso as informações das manutenções realizadas, é possível analisar através da figura 4 mostrada a seguir que 82,4% dos usuários afirmam que se sentiriam mais confiantes ao utilizar o elevador, confirmado que a falta de registros sobre as condições do sistema de transporte é um fator relevante. Esses resultados reafirmam a necessidade de soluções que entreguem maior clareza e comunicação entre usuários e equipes técnicas.

4. Você acredita que ter acesso a informações de manutenção aumentaria a sua sensação de segurança ao usar elevadores?

34 respostas

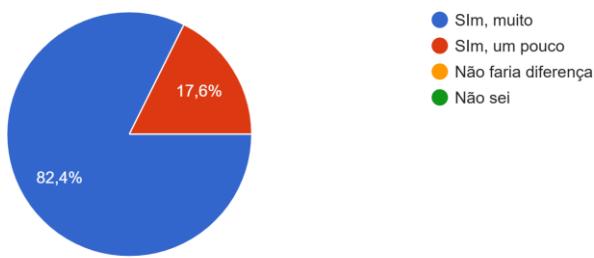


Figura 4: Percepção de segurança dos usuários com informações da manutenção dos elevadores

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Outro dado obtido mostra que 79,4% dos usuários consideraram que um sistema digital como o LiftCare poderia reduzir falhas e problemas nos elevadores com monitoramento contínuo, conforme demonstrado na figura 5.

8. Em uma escala de 1 a 5, o quanto você acredita que esse tipo de aplicativo pode ajudar a reduzir falhas e problemas nos elevadores por meio do monitoramento?

34 respostas

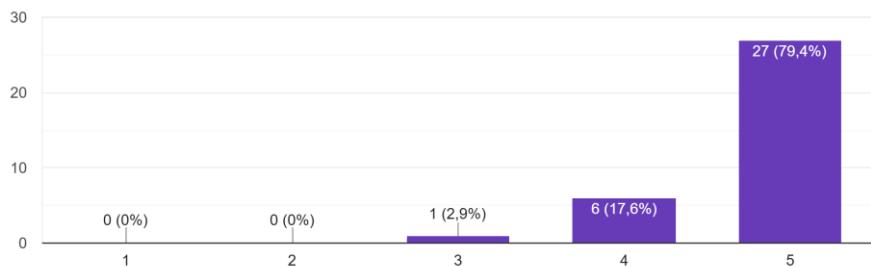


Figura 5: Percepção dos participantes sobre a utilidade do aplicativo e sua contribuição para a redução de falhas

Fonte: dados da pesquisa (2025)

As respostas abertas também mostraram demanda por recursos de botão de emergência, histórico de manutenções futuras, e alertas automáticos sobre falhas; além de sugestões para o aplicativo oferecer instruções de segurança e relatórios acessíveis a todos os moradores.

Por fim, conforme indicado na figura 6, 76,5% dos participantes afirmaram com certeza que usariam o aplicativo caso estivesse disponível em seu prédio residencial ou de trabalho, o que valida o interesse real pela proposta e reforça a relevância do desenvolvimento do LiftCare como uma solução para otimizar a comunicação, a segurança e a gestão preventiva de elevadores.

10. Você usaria um aplicativo como esse se estivesse disponível no prédio onde mora/trabalha?
34 respostas

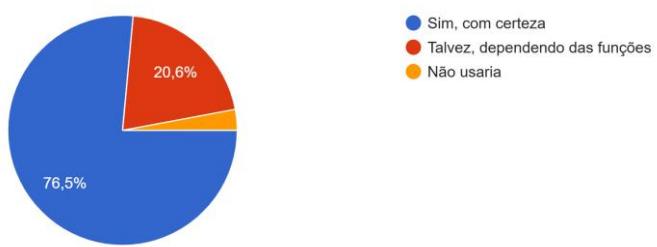


Figura 6: Interesse dos usuários em obter um aplicativo com essa proposta nos prédios que frequentam em seu dia a dia

Fonte: dados da pesquisa (2025)

As respostas coletadas permitiram entender os principais desafios enfrentados pelos usuários e foram fundamentais para o desenvolvimento do LiftCare, direcionando as funcionalidades criadas no aplicativo para atender às necessidades dos usuários. Assim, essa etapa serviu de base para a definição dos objetivos e para a construção do protótipo do aplicativo.

4.2 Definição dos pré-requisitos do projeto

Com base na análise das respostas da coleta de dados da etapa anterior foram definidos os pré-requisitos fundamentais para o desenvolvimento do aplicativo LiftCare. Essa definição pretendia entender as principais necessidades dos usuários e transformar isso em funcionalidades no aplicativo que orientassem o desenvolvimento da proposta de solução. Com isso o projeto foi direcionado para atender as necessidades dos usuários com mais controle sobre as manutenções realizadas, comunicação mais eficiente entre moradores e técnicos, e o aumento da segurança.

Dentre os pré-requisitos são destacadas funcionalidades voltadas para a disponibilização de históricos de manutenção, notificações sobre serviços realizados, checklists digitais e um canal direto de comunicação entre os residentes com os técnicos de manutenção. A prioridade foram os pontos relacionados a usabilidade e acessibilidade, garantindo que o aplicativo consiga oferecer uma interface intuitiva e de fácil navegação para qualquer pessoa. Esses requisitos garantem uma experiência satisfatória, segura e coerente com as expectativas dos usuários identificadas durante a pesquisa.

O aplicativo LiftCare foi estruturado para ser uma solução digital eficiente e adaptada as necessidades reais dos usuários, como uma ferramenta estratégica para otimizar o processo de gestão de manutenções de elevadores. Essa etapa formou a base para a construção do protótipo dentro do método DSR (*Design Science Research*), fazendo com que o desenvolvimento do aplicativo estivesse alinhado aos objetivos propostos e as demandas observadas na etapa anterior de identificação do problema.

4.3 Projeto e desenvolvimento da solução

O desenvolvimento do protótipo do aplicativo LiftCare com base nos requisitos e objetivos definidos nas etapas anteriores ocorreu por meio da plataforma Microsoft Power Apps, uma ferramenta que permite a criação de aplicativos com integração de diferentes sistemas e bases de dados. Essa escolha tornou possível o desenvolvimento de uma interface intuitiva e acessível, adaptada aos perfis de usuários visitantes, residentes e técnicos de manutenção.

Na figura 7 indicada a seguir pode-se analisar a arquitetura realizada para o desenvolvimento do projeto.



Figura 7: Arquitetura aplicativo LiftCare

Fonte: Autores (2025)

O aplicativo foi projetado para funcionar de forma integrada com outros serviços como o SharePoint, Excel, e o Google Sheets, que atua como base de dados conectada para o registro e atualização das informações. Essa arquitetura garante eficiência ao sistema, pois permite que o LiftCare ofereça monitoramento contínuo, controle de manutenções e segurança aos usuários. Com o objetivo de simular a integração entre o aplicativo e os sensores IoT, foi desenvolvida uma estrutura física para acomodar o circuito de testes. Essa etapa de prototipagem permitiu validar o funcionamento dos sensores de temperatura e

umidade em conjunto com a plataforma. Para garantir a estabilidade e a organização dos componentes eletrônicos, o grupo desenvolveu um suporte personalizado para a placa protoboard, utilizando ferramentas de modelagem 3D e manufatura aditiva.

O Suporte para Protoboard foi desenvolvido no *SolidWorks*, este conjunto de peças, representado na figura 8, foi projetado para criar uma base para a placa protoboard. Incorporando um dos pilares da Indústria 4.0: a Manufatura Aditiva. Os apoios laterais, com formato reforçado e inclinado, proporcionam rigidez à estrutura. Eles funcionam como guias que estabilizam lateralmente o conjunto, assegurando que todos os componentes permaneçam posicionados.

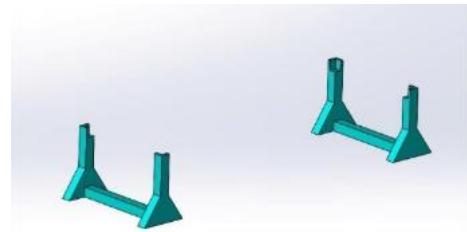


Figura 8: Desenho 3D do suporte da protoboard

Fonte: Autores(2025)

Na fase de modelagem 3D, priorizamos a ergonomia, a resistência estrutural e as melhores práticas da impressão aditiva. A escolha do filamento PLA (Ácido Polilático) se mostrou ideal, pois oferece um equilíbrio perfeito entre durabilidade, leveza e ótimo acabamento superficial. A figura 8 demonstra a simulação 3D do encaixe do suporte com a protoboard.



Figura 9: Representação 3D da protoboard no suporte

Fonte: Autores(2025)

O resultado é uma estrutura onde a protoboard se encaixa com precisão, se mantendo firme e na posição ideal para a conexão de sensores. Na figura 10 a seguir está o encaixe de ambas as peças.

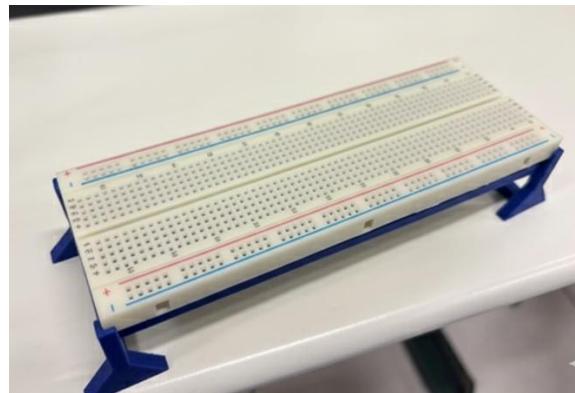


Figura 10: Suporte da protoboard

Fonte: Autores(2025)

Após a criação do protótipo foi realizado as conexões dos sensores de umidade e temperatura com o ESP32, no qual comunica com o aplicativo, sendo representado na figura 11 a seguir.

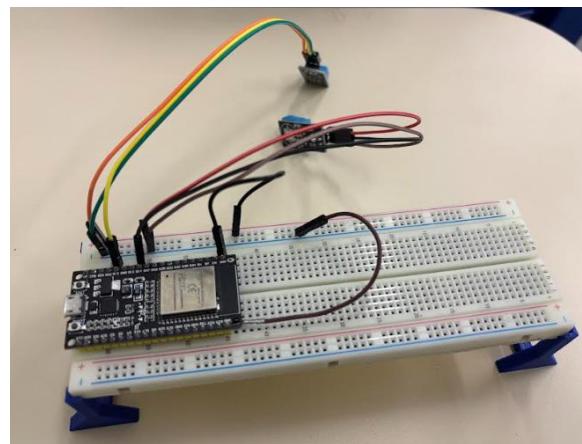


Figura 11: Ligação IOT e tela de monitoramento

Fonte: Autores(2025)

As informações coletadas possibilitam a geração de alertas preventivos no caso

da detecção de uma temperatura acima do nível seguro, por exemplo, e análises de manutenção com mais precisão, contribuindo assim para a antecipação de falhas causadas por variações térmicas ou umidade excessiva. Essa aplicação reforça o conceito de manutenção preditiva e a adoção de tecnologias da Indústria 4.0, integrando conectividade, e análise de dados para promover maior segurança.

A figura 12 a seguir representa as interfaces de monitoramento e de alerta emitido em caso de altas temperaturas



Figura 12: Interfaces monitoramento e alerta de alta temperatura

Fonte: Autores(2025)

As principais telas do aplicativo, demonstradas na figura 13, possuem o nome do usuário cadastrado, possibilidade de acesso a sua determinada categoria, sendo visitante, residente ou equipe de manutenção, e também a interface de emergência, onde é possível ligar ou enviar mensagem à portaria.



Figura 13: Interfaces principais do aplicativo LiftCare

Fonte: Autores (2025)

A interface do aplicativo foi organizada em áreas específicas conforme o tipo de usuário. Visitantes podem acessar informações gerais sobre o uso correto do elevador e visualizar o histórico de manutenções. Os moradores possuem acesso ampliado, podendo registrar anomalias, consultar registros de manutenções anteriores e enviar feedbacks para a equipe de manutenção. Já os técnicos de manutenção têm acesso a um painel completo, que inclui o histórico de manutenções, cadastro de novos registros, visualização de anomalias informadas pelos residentes e monitoramento de dados operacionais.

Os diferenciais abordados para cada usuário é indicado na figura 14 a seguir.



Figura 14: Interface dos visitantes, residentes e técnicos de manutenção

Fonte: Autores (2025)

Para reforçar a segurança, o sistema conta com controle de acesso. A tela de acesso negado na figura 15 abaixo mostra que os usuários não são autorizados de acessar áreas restritas, como o painel de manutenção, garantindo maior proteção das informações e das operações do elevador. Também, o LiftCare inclui uma tela de emergência, que orienta o usuário sobre como agir em situações críticas e possibilita o contato direto com a portaria ou equipe de resgate.

Tela acesso negado



Figura 15: Interface com controle de acesso

Fonte: Autores (2025)

Essas integrações respondem diretamente as demandas identificadas na fase de diagnóstico, especialmente no questionário aplicado aos usuários, que apontaram a necessidade de comunicação eficiente, acesso rápido a informações de manutenção e sensação de segurança durante o uso do elevador. Dessa forma o desenvolvimento do LiftCare resultou em uma solução digital funcional e coerente com o propósito do projeto, atendendo as demandas e necessidades anteriormente informadas pelos usuários, conforme indicado na figura 16.

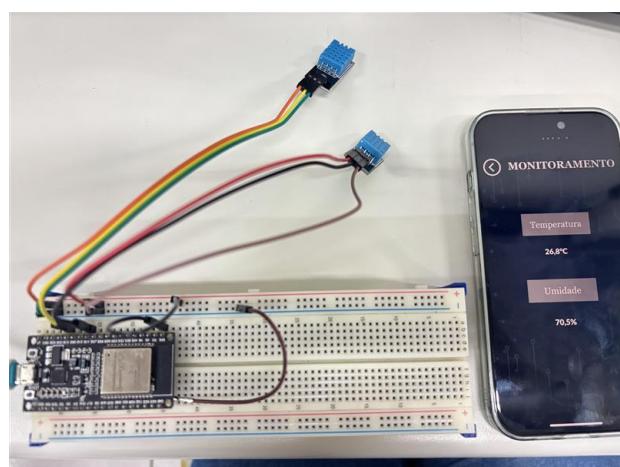


Figura 16: Integração entre o IoT e o aplicativo

Fonte: Autores (2025)

4.4 Demonstração da Solução

Essa etapa teve objetivo de avaliar o funcionamento e a usabilidade do aplicativo LiftCare a partir dos testes realizados com diferentes perfis de usuários, sendo possível observar o desempenho do sistema em cenários simulados e conferir se as funcionalidades atendiam aos pré-requisitos que foram definidos durante o desenvolvimento.

Durante os testes foi possível observar que a interface apresentou boa usabilidade e os usuários conseguiram navegar no aplicativo de forma clara e intuitiva. Os usuários ressaltaram a importância da segurança em ambientes de elevadores, e como um aplicativo como o LiftCare aumenta a sensação de segurança do usuário por disponibilizar informações de manutenção, garantindo que o equipamento está apto para ser utilizado.

Também ficou em evidência a clareza das informações e a facilidade para navegar no aplicativo. Considerando uma análise geral, o aplicativo demonstrou ser estável, funcionando corretamente com as funções de leitura de sensores de umidade e temperatura, por exemplo, além de funcionar corretamente em todas as outras funcionalidades propostas nele. Os feedbacks dos usuários contribuíram para ajustes e melhorias do LiftCare.

A avaliação do projeto visa verificar a eficácia, usabilidade e aceitação do aplicativo LiftCare entre usuários e profissionais da área de manutenção predial. Para esse fim, foi elaborado um formulário no Google Forms com perguntas fechadas e abertas para a realização da validação do aplicativo. O questionário foi enviado a um grupo composto por moradores, visitantes e técnicos de manutenção, pretendendo identificar possíveis pontos de melhoria e validar o protótipo da solução desenvolvida.

As respostas das perguntas abertas revelaram uma avaliação positiva do aplicativo, onde, a maioria dos participantes atribuiu notas entre 4 e 5 para a facilidade de navegação e organização da interface. Isso mostra que o design do LiftCare atendeu aos pontos de usabilidade e acessibilidade requisitados nas etapas anteriores. Outro gráfico mostra que mais de 90% dos participantes deram nota 5 ao

considerar que o aplicativo melhora a sensação de segurança ao usar elevadores, reforçando a importância das informações sobre manutenção e histórico.

4.5 Avaliação do projeto

A avaliação do projeto visa verificar a eficácia, usabilidade e aceitação do aplicativo LiftCare entre usuários e profissionais da área de manutenção predial. Para esse fim, foi elaborado um formulário no Google Forms, no qual foi realizada a validação com 44 usuários, sendo 14 moradores de prédios, 26 visitantes e 4 técnicos de manutenção para apresentar o funcionamento do aplicativo e avaliar seu desempenho nos cenários de uso. Desenvolvemos perguntas fechadas e abertas para a realização da validação do aplicativo, dessa forma foi possível identificar pontos de melhoria e validar o protótipo da solução desenvolvida

A resposta da pergunta fechada, representada na figura 17, revela uma avaliação positiva do aplicativo, onde a maioria dos participantes atribuiu notas entre 4 e 5 para a facilidade de navegação e organização da interface. Isso mostra que o design do LiftCare atendeu aos pontos de usabilidade e acessibilidade requisitados nas etapas anteriores.

4. A navegação do aplicativo é fácil e intuitiva.

44 respostas

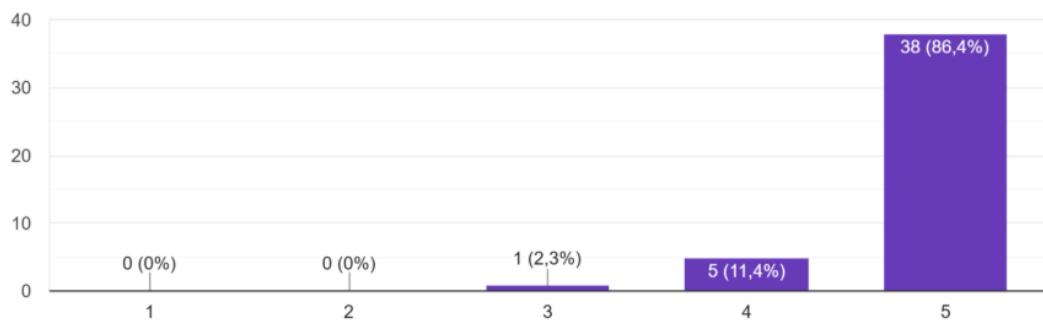


Figura 17: Avaliação dos participantes sobre o aplicativo

Fonte: Autores (2025)

O gráfico da figura 18 indicada abaixo mostra que mais de 90% dos

participantes deram nota 5 ao considerar que o aplicativo melhora a sensação de segurança ao usar elevadores, reforçando a importância das informações sobre manutenção e histórico, assim enfatizando que a eficácia da gestão de elevadores depende diretamente da transparência e da agilidade na comunicação entre os três perfis principais que o utilizam: moradores, visitantes e equipes técnicas de manutenção (AHMED, 2022).

5. O aplicativo aumentaria minha sensação de segurança ao usar o elevador.

44 respostas

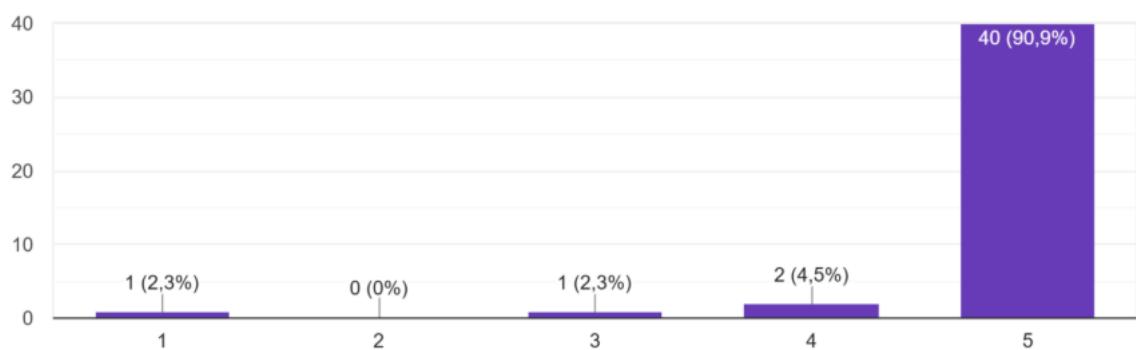


Figura 18: Avaliação de segurança transmitida ao usuário

Fonte: Autores (2025)

Como demonstrado na figura 19, também foi possível observar que 97% dos participantes reconhecem que o LiftCare ajuda e contribui para a comunicação entre usuários e equipes de manutenção, que era um dos principais objetivos do projeto.

6. O app melhora a comunicação entre usuários e manutenção

44 respostas

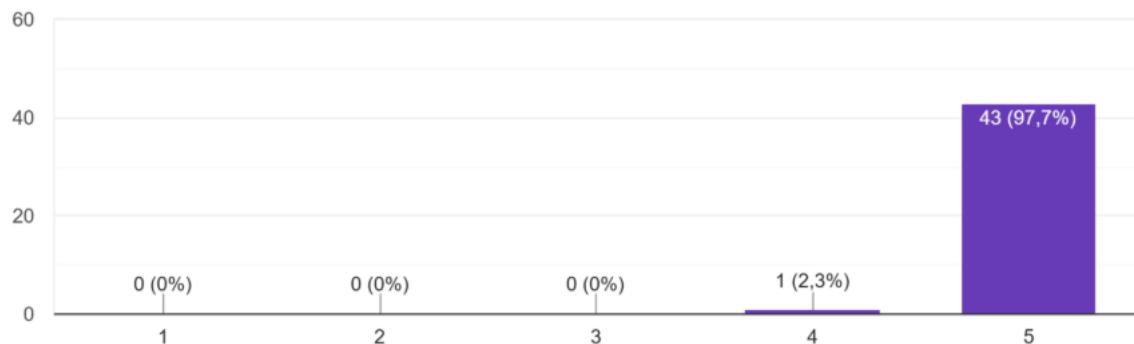


Figura 19: Comunicação entre usuário de manutenção

Fonte: Autores (2025)

Os técnicos de manutenção de elevadores que avaliaram esse projeto possuem experiência na área de um 1 e 6 meses a 11 anos, os avaliadores destacaram que o sistema facilita o registro de anomalias e melhora a comunicação com os moradores, além de que todos os técnicos que participaram dessa validação avaliaram positivamente o controle de acesso por perfis de usuário, dado indicado na figura 20 abaixo, reforçando a segurança das informações armazenadas.

4. As permissões por perfil evitam acessos indevidos

4 respostas

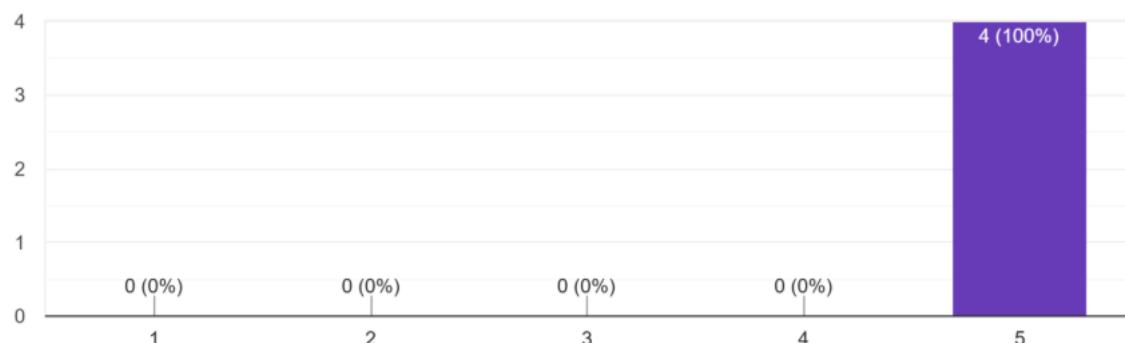


Figura 20: Permissões dos usuários dentro do aplicativo

Fonte: Autores (2025)

Nas perguntas abertas, que permitiam que os participantes pudessem dar sua opinião, as respostas destacaram a interface intuitiva, a praticidade e facilidade no acesso, a segurança e a organização das abas do aplicativo como os pontos principais. Os participantes citaram a relevância dos registro de anomalias com checklists, pois isso permite a comunicação direta com os técnicos de manutenção e sugeriram a implementação de alertas automáticos quando o elevador estiver em manutenção para os usuários se planejarem melhor dentro de sua rotina.

A avaliação demonstrou que o aplicativo teve uma aceitação em massa pelos usuários e é uma solução viável, funcional e alinhada aos princípios de inovação tecnológica propostos pelo método *Design Science Research* (DSR).

5 Conclusão

O desenvolvimento do LiftCare surgiu da necessidade de possibilitar a comunicação entre os usuários e a equipe de manutenção, além de tornar mais transparente o acompanhamento das manutenções de elevadores.

Na fase de validação, foi aplicado um formulário de avaliação com usuários incluindo técnicos e pessoas que poderiam se beneficiar do uso do aplicativo. Os resultados dessa etapa foram favoráveis, com mais de 85% dos participantes avaliando o aplicativo positivamente, destacando facilidade de uso, aumento da sensação de segurança e melhoria na comunicação entre usuários e técnicos de manutenção. Esses dados confirmam que a solução atendeu aos objetivos propostos e mostrou ser aplicável em contextos reais.

Ao longo do projeto, o método *Design Science Research* (DSR) permitiu estruturar o desenvolvimento do artefato desde a identificação do problema, definição dos requisitos, construção do protótipo, demonstração e avaliação. Cada etapa contribuiu diretamente para garantir que o LiftCare fosse desenvolvido com base nas necessidades reais dos usuários, reforçando sua validação como solução tecnológica.

Conclui-se que o LiftCare demonstrou sua relevância e eficácia ao promover transparência no acompanhamento de manutenções, melhorar o fluxo de

comunicação e aumentar a sensação de segurança dos usuários, apresentando importância social e técnica. O protótipo mostrou potencial de evolução para versões futuras, sendo uma ferramenta inovadora no contexto da manutenção predial.

REFERÊNCIAS

- AHMED, Shaher; SHEKHA, Mohamed; SKRAN, Suhaila; BASSYOUNY, Abdelrahman. Investigation of optimization techniques on the elevator dispatching problem. arXiv:2202.13092 [cs.NE], 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.13092>.
- ARYA, Arun. Novel Technologies and Eco-Friendly Lifestyle for Sustainable Cities. In: PATHAK, Bhawana; DUBEY, Rama Shanker (Orgs.). Climate Change and Urban Environment Sustainability. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, p. 167–191. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-19-7618-6_10
- CARRERA-RIVERA, A., OCHOA, W., LARRINAGA, F., & Lasa, G. (2022). How-to conduct a systematic literature review: A quick guide for computer science research. MethodsX, 9, 101895. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895>
- HUANG, Xiaosi. End-to-end predictive maintenance pipeline for elevator operations. 2025. Disponível em: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2025050910124>
- ISO 45001, E. H. D. R. Occupational health and safety management systems requirements with guidance for use. ISO, 2018. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- KIM, ChangBum et al. DKIMIEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, v. 28, n. 3, p. 277-287, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/3468.668960>
- ZARO, Eduardo Marcio; WEBBER, Carine Getruldes. Estudo de caso de desenvolvimento de sistema para manutenção preditiva 4.0. Revista Produção Online,

[S. I.], v. 22, n. 3, p. 3418–3340, 2023. DOI: 10.14488/1676-1901.v22i3.4557.

KARIM, Md Rezaul. Optimizing Maintenance Strategies in Smart Manufacturing: A Systematic Review Of Lean Practices, Total Productive Maintenance (TPM), And Digital Reliability. *Review of Applied Science and Technology*, v. 4, n. 02, p. 176-206, 2025. <https://doi.org/10.63125/np7nnf78>.

LAI, Chia Tai Angus; JIANG, Wei; JACKSON, Paul R. Internet of Things enabling condition-based maintenance in elevators service. *Journal of quality in maintenance engineering*, v. 25, n. 4, p. 563-588, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JQME-06-2018-0049>

LINNENLUECKE, M. K., MARRONE, M., SINGH, A. K. (2020). *Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses*. Australian Journal of Management, 45(2), 175-194. <https://doi.org/10.1177/0312896219877678>

AFREEN, Hina; BAJWA, Imran Sarwar. An IoT-based real-time intelligent monitoring and notification system of cold storage. *IEEE Access*, v. 9, p. 38236-38253, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056672>

HODAVAND, Faeze; RAMAJI, Issa J.; SADEGHI, Naimeh. Gêmeo digital para detecção e diagnóstico de falhas em operações prediais: uma revisão sistemática. *Buildings*, v. 13, n. 6, p. 1426, 2023. Acesso em: <https://doi.org/10.3390/buildings13061426>

ATASSI, Reem; ALHOSBAN, Fuad. Predictive Maintenance in IoT: Early Fault Detection and Failure Prediction in Industrial Equipment. *Journal of Intelligent Systems & Internet of Things*, v. 9, n. 2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54216/JISIoT.090217>

YAO, Wei et al. Study and application of an elevator failure monitoring system based on the internet of things technology. *Scientific Programming*, v. 2022, n. 1, p. 2517077, 2022. Disponível em <https://doi.org/10.1155/2022/2517077>

LAI, Savannah YT et al. Comparative review of lift maintenance regulations in Beijing, Hong Kong, and London. *Buildings*, v. 14, n. 9, p. 2862, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings14092862>

LIU, Ruying et al. Esteja preparado: como o treinamento e o tipo de emergência afetam o comportamento de evacuação. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 39, n. 5, p. 1493-1509, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jcal.12812>

CHEHADE, Samer et al. Gerenciando a comunicação eficaz para apoiar a conscientização em operações de resgate. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, v. 28, n. 3, p. 307-323, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1468-5973.12317>

CARRERAS-COCH, Anna et al. Communication technologies in emergency situations. *Electronics*, v. 11, n. 7, p. 1155, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics11071155>

MALINDA, Agung; SOEDIANTONO, Dwi. Benefícios da implementação da ISO 45001 em sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional e sugestões de implementação na indústria de defesa: uma revisão da literatura. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, v. 3, n. 2, p. 35-47, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7777/jiemar.v3i2.274>