

Desenvolvimento de um sistema por meio da ferramenta QR code para auxiliar a manutenção de equipamentos

Development of a system that uses a QR code tool to assist in equipment maintenance

Desarrollo de un sistema que utiliza una herramienta de código QR para ayadar al mantenimiento de los equipos

Recebido: 11/06/2022 | Revisado: 19/06/2022 | Aceito: 25/06/2022 | Publicado: 06/07/2022

Telles Cristian Mendes Paz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2270-2041>
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: telles.mendes@outlook.com

Leandro César Mol Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7186-5405>
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: leandro.mol@ifmg.edu.br

Maurício Sá Santos Diniz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2185-7893>
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: mauricio.diniz@ifmg.edu.br

Natalia Fernanda Santos Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9686-8573>
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: natalia.pereira@ifmg.edu.br

Resumo

O desenvolvimento e a utilização de tecnologias direcionadas à manutenção proporcionam maior qualidade na execução de serviços e diminuição do tempo das tarefas, resultando em maior segurança aos envolvidos. Baseados neste contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um protótipo de um sistema de apoio à manutenção. Por meio dele foi possível acessar documentos, informações e procedimentos de forma remota para auxiliar as equipes na execução de atividades de campo e resolução de falhas em equipamentos. O acesso aos dados foi estruturado por meio de *smartphone*, com o uso de códigos QR code aplicados aos equipamentos. O modelo de desenvolvimento do protótipo teve como base metodológica 4 princípios sendo: comunicação, planejamento, modelamento e construção. Como resultado foi possível observar que o sistema foi funcional e capaz de auxiliar as equipes de manutenção nas execuções das atividades diárias, proporcionando aos usuários o acesso às informações importantes e necessárias para resolução de falhas e mantendo a qualidade na execução dos serviços.

Palavras-chave: Qr code; Sistema de manutenção; Prototipação; Tecnologia.

Abstract

The development and the use of technologies directed to maintenance provide more quality in the execution of services and the reduction of tasks time, resulting in more safety to those involved. Based on this context, the present article aims to present the development of a prototype of a maintenance support system. Through it, it was possible to access documents, information, and procedures remotely to help the teams in the execution of field activities and in the resolution of equipment failures. The data access was structured by means of a smartphone, with the use of QR codes applied to the equipment. The prototype development model was based on four methodological principles: communication, planning, modeling, and construction. As a result, it was possible to observe that the system was functional and capable of helping the maintenance teams in the execution of their daily activities, providing the users with access to important and necessary information for solving failures and maintaining the quality in the execution of the services.

Keywords: Qr code; Maintenance system; Prototyping; Technology.

Resumen

El desarrollo y el uso de tecnologías dirigidas al mantenimiento proporcionan más calidad en la ejecución de los servicios y reducción del tiempo de las tareas, resultando en más seguridad para las personas involucradas. Partiendo de este contexto, el presente artículo pretende presentar el desarrollo de un prototipo de sistema de apoyo al mantenimiento. A través de ella, era posible acceder a documentos, información y procedimientos a distancia para ayudar a los equipos en la ejecución de las actividades sobre el terreno y en la resolución de averías de los equipos. El

acceso a los datos se estructuró a través de un smartphone, con el uso de códigos QR aplicados a los equipos. El modelo de desarrollo de prototipos se basó en 4 principios metodológicos: comunicación, planificación, modelización y construcción. Como resultado se pudo observar que el sistema era funcional y capaz de ayudar a los equipos de mantenimiento en las ejecuciones de las actividades diarias, proporcionando a los usuarios el acceso a información importante y necesaria para la resolución de fallos y el mantenimiento de la calidad en la ejecución de los servicios.

Palabras clave: Código Qr; Sistema de mantenimiento; Prototipo; Tecnología.

1. Introdução

A preservação de padrões de qualidade e continuidade da operação em uma organização estão diretamente relacionados a manutenção de seus equipamentos, independentemente do seu ramo de atuação (Silva *et al.*, 2020). Cuidados adequados com ativos de produção são fundamentais, uma vez que podem influenciar até mesmo em sua sobrevivência. Manter a performance dos equipamentos garante a capacidade produtiva, que muitas vezes é comprometida por falhas de equipamentos ou por rendimentos aquém do esperado (Kardec & Nascif, 2009). Este cenário é válido para diversos equipamentos, incluindo aqueles instalados em locais remotos, o que dificulta ainda mais o serviço da equipe de manutenção. Isso porque não se sabe que material de consulta será necessário para auxiliar na resolução do problema antes que a falha seja identificada.

Desta forma, o objetivo do presente estudo é o desenvolvimento do protótipo de um sistema de manutenção acessado via QR code disponibilizado no equipamento. Por meio dele, seria possível acessar uma base de dados na nuvem, contendo informações necessárias para a execução de manutenções no equipamento, como o catálogo de peças, códigos de falhas e diagramas elétricos e hidráulicos. O uso de smartphones faz com que o acesso a essas informações seja simples e ágil, diminuindo a utilização de papel, espaços para armazenagem de manuais e fazendo o agrupamento de informações do equipamento em um só local.

Para isso, o método utilizado considerou 4 dos 5 princípios sugeridos por Pressman (2011), presente no livro Engenharia de Software, para o desenvolvimento de produtos. Na primeira etapa, denominada comunicação, foi possível entender a finalidade do sistema a ser desenvolvido e levantar possibilidades de conteúdo para compor a aplicação. Na segunda etapa, planejamento, foram definidas as metas com base nas necessidades de conteúdo da etapa anterior. Na terceira etapa, princípio da modelagem, foi representada a projeção de como será o sistema após a construção. Por fim, na etapa de construção, o protótipo foi então construído de fato. Até o presente momento o protótipo se encontra em fases de testes, que antecedem a etapa da disponibilização, não sendo possível abordá-la até o momento.

Desta forma, o artigo encontra-se dividido por meio dos seguintes tópicos: o tópico 2, remete-se ao referencial teórico, em que foi tratada a manutenção preventiva e corretiva, bem como os seus sistemas, além de uma abordagem sobre modelagem e QR code; o tópico 3 refere-se a metodologia, na qual a aplicação prática dos princípios utilizados para o desenvolvimento de software foram tratados; o 4º tópico relata o passo-a-passo do desenvolvimento e da realização dos testes do protótipo; e o tópico 5, contém as considerações finais, com os objetivos alcançados e possíveis melhorias para o sistema.

2. Referencial Teórico

Neste tópico foram tratados os diferentes tipos de manutenção abordados para o desenvolvimento do software (preventiva e corretiva). Foi também abordado um panorama sobre os principais softwares de manutenção existentes hoje no mercado, a aplicação de QR code, assim como uma introdução aos 5 princípios ligados à prototipação.

2.1 Manutenção preventiva e manutenção corretiva

Dentre os meios disponíveis para a garantia da performance de equipamentos, um dos mais comuns é a manutenção preventiva. A NBR 5462, descreve a manutenção preventiva como aquela efetuada em intervalos de tempo programados, com objetivo de mitigar as ocorrências de falhas ou a alteração do funcionamento de um item. Seu objetivo principal é garantir a confiabilidade dos equipamentos assegurando a disponibilidade física dos mesmos (ABNT, 1994).

Para Mirshawka e Olmedo (1993) a manutenção preventiva limita a probabilidade de falhas, perda de rendimento ou qualidade no desempenho dos equipamentos a partir de inspeções, reparos ou substituições de peças. Isso se dá uma vez que a previsão para se fazer a manutenção acontece antes da quebra ou deterioração do item ao longo do tempo (Abreu, 2022). Uma vez que os prazos para a realização das intervenções são predefinidos, os cuidados de prevenção passam a fazer parte do cotidiano da equipe, fazendo com que a manutenção preventiva também seja chamada de rotina de manutenção (Souza, 2011).

Embora a manutenção preventiva seja considerada uma opção mais segura (Kardec & Nascif, 2009), deve-se ressaltar que o seu uso não garante a eliminação de todas as falhas. Mesmo quando bem executada, a necessidade de correções não pode ser descartada, dada a possibilidade de defeitos aleatórios. Diferentemente da preventiva, a corretiva é executada após a ocorrência de uma falha, e tem como objetivo reestabelecer a condição operacional anterior ao evento (Fith, 2013). A corretiva pode ser dividida em corretiva não planejada, referente a correção de falhas aleatórias e a corretiva planejada, que é a ação de reparo de um item que apresenta desempenho abaixo do esperado, baseando-se em resultados de inspeções e manutenções detectivas realizadas (Kardec & Nascif, 2009).

A manutenção corretiva não planejada é realizada de forma emergencial, assim que a falha acontece, uma vez que essa impede o funcionamento adequado do equipamento. Os custos dessa modalidade de intervenção podem ser mais elevados quando há a necessidade de aquisição de peças indisponíveis em estoque, ou com a cessão da geração de receita, devido a parada do equipamento (Otani & Machado, 2008). Já a manutenção corretiva planejada, é oriunda de falhas que não são capazes de interromper o funcionamento do equipamento e que são apontadas em inspeções. Após o apontamento dessas falhas é feito um planejamento para corrigi-las (Souza, 2011).

Se comparadas em termos de custo-benefício, embora a manutenção preventiva possa parecer mais onerosa que a corretiva não planejada (devido a necessidade constante de novas peças para substituição), a quebra de equipamentos, juntamente com a interrupção de produção, diminui a disponibilidade dos ativos. Isso se faz com que a manutenção preventiva se torne mais lucrativa, uma vez que evita paradas de produção com impactos consideráveis (Xenos, 1998).

2.2 Sistemas de manutenção

Os sistemas de manutenção contribuem consideravelmente com a engenharia, mantendo o seu foco na execução do planejamento, no gerenciamento do funcionamento dos equipamentos, entre outros (Velo, 2015). O PCM (Planejamento e controle de manutenção), apoiado por softwares possui grande importância e é utilizado na implementação de recursos e estratégias, buscando aproveitar ao máximo o desempenho do equipamento (Viana, 2002). Tendo em vista garantir a adequada execução das manutenções (Bicalho *et al.* 2020), por meio destes sistemas é possível trazer informações importantes para a resolução de falhas, e também auxiliar gestores nas tomadas de decisões. Isso acontece uma vez que são capazes de manter históricos das intervenções realizadas contendo, por exemplo, o custeio de serviços e peças necessárias. Além disso, seu uso facilita a implantação e controle de indicadores de manutenção (Campos, 2013).

Dentre os principais sistemas utilizados atualmente para apoio à manutenção no Brasil, podem ser destacados como exemplo o Engeman, eMaint CMMS, Sigma e o SAP. Esses encontram-se descritos ao longo deste tópico.

O Engeman é um sistema voltado exclusivamente para a gestão da manutenção e possui funcionalidades que auxiliam a tomada de decisão e o controle dos trabalhos. Pode ser utilizado para realizar a programação da manutenção, o

acompanhamento dos serviços, além de informar ao usuário quais itens devem ser substituídos de acordo com cada caso específico. Possui também funções voltadas para a equipe de gestão, com indicadores e gráficos de performance, consumo de materiais e seus respectivos custos. Estas funções em conjunto visam garantir uma gestão mais segura e coerente com as necessidades de manutenção (Neves, 2015).

O eMaint CMMS (Computerized Maintenance Management System) é um sistema de gestão amplo destinado a diferentes setores, desde fábricas, hospitais e controle de manutenção de frotas de equipamentos. Possui grande flexibilidade e pode ser configurado de acordo com as necessidades específicas do setor de manutenção. Atua com a centralização das informações de manutenção e automatização de tarefas. Possui a capacidade de auxiliar o controle de manutenção preventiva, o arquivamento das ordens de serviço realizadas e a consulta do inventário de peças para a manutenções. Dispõe de um campo para a realização das inspeções diárias, onde estas podem gerar a programação para futuras intervenções, e disponibiliza KPI's (Key Performance Indicator). O software apresenta uma interface simples, o que permite que a gestão da manutenção seja entendida por vários níveis, de técnicos a gerentes. Dentre os benefícios da utilização do software, está o fato de poder ser usado em tablets e smartphones, além de permitir o uso em locais carentes de internet, uma vez que o mesmo pode funcionar off-line (Emaint, 2021).

O SIGMA (Sistema Gerencial de Manutenção), foi lançado em 1987 no Rio Grande do Sul, sendo desenvolvido por técnicos e engenheiros do polo petroquímico de Triunfo. Trata-se de um software versátil, que pode ser implementado em diferentes ambientes, desde processos industriais a hospitais. É um dos softwares de manutenção mais utilizados no Brasil devido a sua distribuição gratuita, que facilita o uso tanto por empresas, quanto por pessoas físicas. O SIGMA possui módulos específicos para gestão da manutenção em equipamentos, mão de obra e ordens de serviço, lubrificação, check-lists, gráficos e indicadores, entre outros. Além disso, o software tem a capacidade de organizar informações em um banco de dados para facilitar a gestão da manutenção e proporcionar embasamento técnico para decisões. (Lima, 2017).

O SAP consiste em um software muito amplo, o qual leva o nome da própria empresa criadora. Com sua sigla proveniente de Desenvolvimento de Programas para Análise de Sistemas, trata-se de uma organização com atividades baseadas no desenvolvimento de softwares de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP). Seu sistema ERP possui vários módulos, dentre eles o PM, que é responsável pela gestão da manutenção. O módulo PM interage com outros módulos, propiciando meios de melhorar atividades de gestão sobre a manutenção, como o módulo MM (gestão de materiais), que controla os materiais necessários e aplicados às manutenções. Outros módulos do SAP são o CO (controlling), que controla os centros de trabalhos e custo dos mesmos e o AM (gestão de ativos), que controla todos os ativos da manutenção, gerando gráficos e dando suporte para decisões (Tutorialspoint, 2022).

2.3 QR code

A origem do QR code remonta a necessidade de aprimoramento da identificação de produtos para fins comerciais na década de 30, quando foram iniciados os estudos do que hoje é conhecido como código de barras (Milies, 2008). Até o desenvolvimento do código de barras, outros artifícios utilizados como cartões perfurados e máquinas registradoras, se mostraram aquém das necessidades da época. As máquinas registradoras, por exemplo, necessitavam que cada produto possuísse uma etiqueta com o seu preço. Essa situação se mostrou inviável em períodos de inflação, em que o preço dos produtos mudava frequentemente e eram necessários mais funcionários para fazer a substituição dos preços em tempo hábil. Após sua criação, o código de barras ficou conhecido em todo o mundo pelas vantagens que trouxe, englobando: agilidade no atendimento, melhoria do controle de estoque e confiabilidade de informações (Vanz, 2012).

Em função da criação de novas tecnologias, surgiu a necessidade de armazenar mais informações dentro do código, dando origem ao desenvolvimento de uma nova estrutura de código. Essa demanda foi atendida com a criação do Datamatrix e

do QR code, sendo ambos considerados códigos bidirecionais. O primeiro é utilizado no setor automotivo e de saúde. Já o segundo, objeto de estudo do presente artigo, possui utilização mais ampla (Souza, 2014).

O termo QR code significa Quick Response Code. A tecnologia foi criada por volta de 1994 com o objetivo inicial de catalogar peças automotivas do grupo Toyota, sendo desenvolvido de forma livre, para que fosse conhecido em todo o mundo. Isso resultou na não necessidade de realização de pagamentos de qualquer gênero para a sua utilização (Souza, 2014). Outra vantagem ligada à utilização do QR code está na sua capacidade de armazenamento. Seu código consegue armazenar centenas de vezes mais informações que um código de barras comum. Além disso, ele permite sua utilização mesmo com 30% do código danificado fisicamente (Soon, 2008).

O QR code possui várias características que o fizeram se destacar de outros códigos. Dentre elas destacam-se os padrões de alinhamento, utilizados para corrigir distorções quando a imagem é disposta em superfícies não planas. Outra questão importante são os padrões de localização, os quais estão posicionados em três extremidades do código. Esses têm por objetivo diferenciar o código de outras imagens, evitando erros de leitura. O QR code também apresenta padrões de afinação, compostos por módulos pretos e brancos responsáveis pela identificação do centro e correção de imagens distorcidas. Além disso, existe a zona de silêncio que delimita o código. Trata-se de uma área sem impressão, sendo indispensável para a leitura (Soon, 2008). A área de dados consiste na região onde as informações são codificadas em códigos binários. Esses são convertidos em módulos pretos e brancos para compor a imagem. Existem 8 tipos de máscaras que definem a melhor posição desses módulos. A escolha da melhor máscara é feita através de 4 cálculos matemáticos denominados penalidades. As penalidades são critérios estabelecidos para haver melhor distribuição entre os bits pretos e brancos. A máscara que apresentar menor penalidade é a escolhida como imagem do QR code (Silva & Fantin, 2021). Todos esses padrões presentes no QR code auxiliam no momento da leitura, para que a mesma seja concluída de forma rápida e eficaz.

2.4 Prototipação

Em se tratando de softwares, a criação de um protótipo constitui o início da solução de um problema, por meio da qual são demonstrados os sistemas, interfaces e os primeiros erros a serem corrigidos (Engholm, 2010). Seu objetivo é apenas modelar a resolução do problema de acordo com a exigência do cliente (Pressman, 2011).

Existem basicamente três tipos de protótipos: os de baixa, média e alta fidelidade. Os de baixa fidelidade são feitos rapidamente e prezam pelo baixo custo. Esses protótipos geralmente não se figuram no produto final (Preece, Rogers, & Sharp, 2002). Os protótipos de média fidelidade são um pouco mais apurados, embora não demandem de profissionais com alto conhecimento técnico. Já os protótipos de alta fidelidade utilizam as mesmas ferramentas usadas no produto final, necessitando de poucos ajustes para chegar ao resultado almejado (Preece et al., 2002).

Para construir o protótipo de um sistema é necessário obedecer a alguns princípios metodológicos que representam as etapas de seu desenvolvimento. O primeiro desses princípios é o da comunicação, em que é necessário entender os problemas que precisam ser resolvidos. Neste primeiro momento é necessário estar atento a toda informação relevante para o desenvolvimento, anotar pontos importantes do projeto e manter o foco nos objetivos. Após essa etapa inicial, é necessário reunir todas as informações recebidas para a aplicação do princípio do planejamento. Com esse princípio é possível traçar um roteiro para atingir as metas definidas anteriormente. Um planejamento bem elaborado não permite que possíveis mudanças em meio ao desenvolvimento atrapalhem o alcance do objetivo final (Pressman, 2011).

Por meio da aplicação do princípio da modelagem, são criados modelos de análises de acordo com a necessidade do projeto. Isso é feito com o intuito de representar características técnicas dos softwares de forma a auxiliar os desenvolvedores. Após esta etapa, atendendo o princípio da construção, é realizado um conjunto de tarefas para gerar um software funcional. Além disso, são realizados testes de aceitação para certificar se as funcionalidades do protótipo foram realmente atendidas e

que o protótipo está pronto para ser entregue. O princípio da entrega possibilita ao cliente operar o software contendo suas funcionalidades pré-determinadas (Pressman, 2011).

2.5 Outras aplicações do QR code na manutenção

O QR code pode ser aplicado em vários setores, fazendo com que processos sejam otimizados com sua utilização. Em uma empresa que possui enchedoras para linhas de garrafas *long necks*, o dispositivo foi utilizado para o acesso a checklist de inspeção dos equipamentos de produção, de acordo com o estudo de caso de Oliveira & Baroni (2020).

Segundo os autores, o projeto tinha como objetivo, diminuir o uso de papel devido a pandemia do COVID-19, uma vez que o papel é um agente onde o vírus pode permanecer em sua superfície e ser transportado até outras pessoas. Porém após a implementação do questionário de checklist de inspeção disponível em QR code, percebeu-se não só a eficácia na prevenção do COVID-19, mas na diminuição do tempo da realização da inspeção que caiu pela metade. Devido a diminuição do uso de papel, houve uma economia de aproximadamente 300 folhas mensais de papel A4 somente em uma linha da enchedora de *long neck*. Um outro fator importante nos resultados, foi a utilização dos dados das respostas do checklist serem usados todo fim de mês em um *dashbord*, que mostrava a situação do equipamento e era base para a gestão fazer as tomadas de decisão.

Ainda assim é notório que para a área de manutenção a utilização do QR code ainda é pouco explorada, pois são poucas as publicações do referente assunto.

3. Metodologia

O presente estudo aborda o desenvolvimento de um protótipo de um sistema de manutenção aplicado a equipamentos. Esse tem como objetivo facilitar o acesso a documentos essenciais para que a equipe de manutenção possa executar serviços com qualidade, de acordo com as informações fornecidas pelo fabricante. O método utilizado para a criação do protótipo utilizou-se de 4 dos 5 princípios metodológicos de Pressman (2011), descritos na Figura 1.

Figura1 - Passos metodológicos utilizados para desenvolvimento do protótipo.



Fonte: Autores.

Na etapa de comunicação foram coletadas informações sobre as necessidades dos potenciais usuários sobre o problema a ser solucionado: “criação de um aplicativo que permita a utilização de QR code para manutenção de equipamentos móveis instalados remotamente”. As informações coletadas foram obtidas através de um questionário, criado e direcionado para equipes de manutenção e proprietários de equipamentos. O questionário ficou disponível para a coleta de dados por um período de 180 dias e foram obtidas 55 respostas. Os respondentes foram indagados sobre 5 diferentes questões expressas na Tabela 1.

Tabela 1 - Perguntas dispostas no questionário.

| ITEM | PERGUNTA |
|------|--|
| 1 | Qual o maior desafio ao realizar manutenção em um equipamento desconhecido? |
| 2 | Quais os materiais necessários para auxiliar na manutenção do equipamento? |
| 3 | Seria interessante observar o histórico de manutenção para realizar um diagnóstico? |
| 4 | A simbologia de segurança do equipamento disponível aos operadores facilitaria a manutenção? |
| 5 | A disponibilização dos catálogos e manuais facilitaria a manutenção no equipamento? |

Fonte: Autores.

Após coletar as respostas na etapa de comunicação, foi dada sequência com o planejamento do protótipo, em que as necessidades levantadas foram selecionadas e transformadas em requisitos a serem introduzidos no projeto. Por meio destes requisitos foi possível coletar os materiais necessários a serem utilizados no projeto, tais como: manuais, diagramas e simbologias de segurança.

Após reunir estes materiais, iniciou-se a etapa do modelamento, com o objetivo de disponibilizar essas informações de maneira fácil, em uma aplicação acessível aos usuários. Para isso, foram utilizados três recursos: o *Google Drive* para armazenamento dos arquivos a serem acessados; o *Linktree*, capaz de criar interfaces para a disponibilização dos conteúdos armazenados através de *hiperlinks*; e o criador de QR code, capaz de vincular o trabalho feito na plataforma do Linktree à uma imagem de código que pode ser acessada por um *smartphone* conectado à internet.

Ao iniciar a construção do protótipo, mudanças foram efetuadas e outras informações foram incrementadas. Essas se deram em função dos resultados dos testes, que foram realizados em ambiente real. O projeto durou aproximadamente 300 dias, sendo 90 dias dedicados aos testes, em que foi aplicado o QR code em 5 equipamentos em uma única empresa.

Devido ao fato de o objetivo deste artigo limitar-se ao desenvolvimento do protótipo, a etapa de disponibilização não foi abordada no estudo. Essa etapa está ligada ao lançamento da aplicação no mercado e é realizada após a validação do protótipo.

4. Desenvolvimento e Apresentação dos Resultados

Os resultados foram compilados conforme os passos propostos na metodologia. Esses estão demonstrados nos tópicos seguintes.

4.1 Comunicação

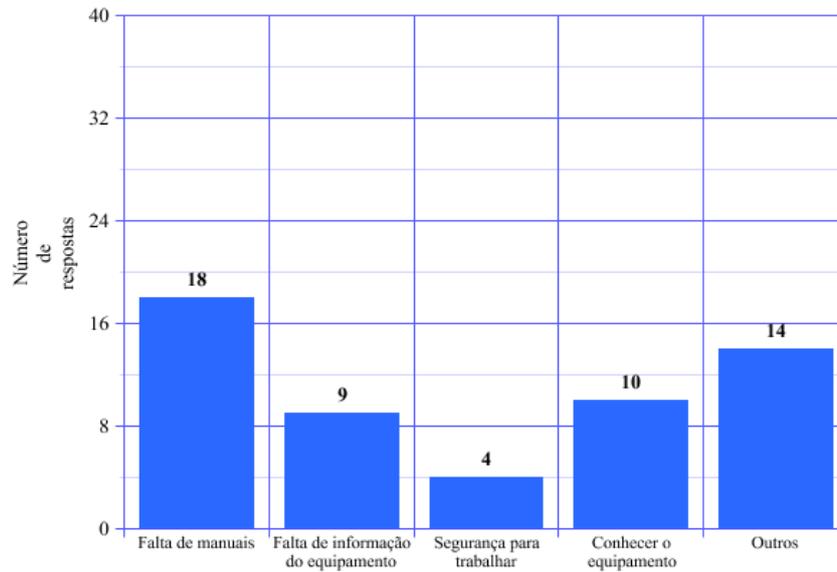
O questionário realizado para a identificação das necessidades dos potenciais usuários, resultou em diferentes respostas as quais foram compiladas em classes conforme sua proximidade (Figura 2). Para a primeira pergunta “Qual o maior desafio ao realizar manutenção em um equipamento desconhecido?”, pôde-se observar que a falta de manuais foi a classe que mais obteve resposta (18 respondentes), mostrando sua importância na atuação em equipamentos desconhecidos. A classe outros vem em segundo lugar, contendo respostas variadas que não puderam ser agrupadas, como: treinamentos, planejamento de atividades, cobrança para liberação do equipamento, dentre outros.

As classes “conhecer o equipamento” e “falta de informações”, aparecem posteriormente. Entende-se que os

respondentes sentem a necessidade de ter materiais que permitam consultas sobre o funcionamento e a estrutura do equipamento, além de informações específicas para a execução das manutenções, sendo também requisitos importantes.

Figura 2 - Resposta 1 do questionário.

Qual o maior desafio ao realizar manutenção em um equipamento desconhecido?

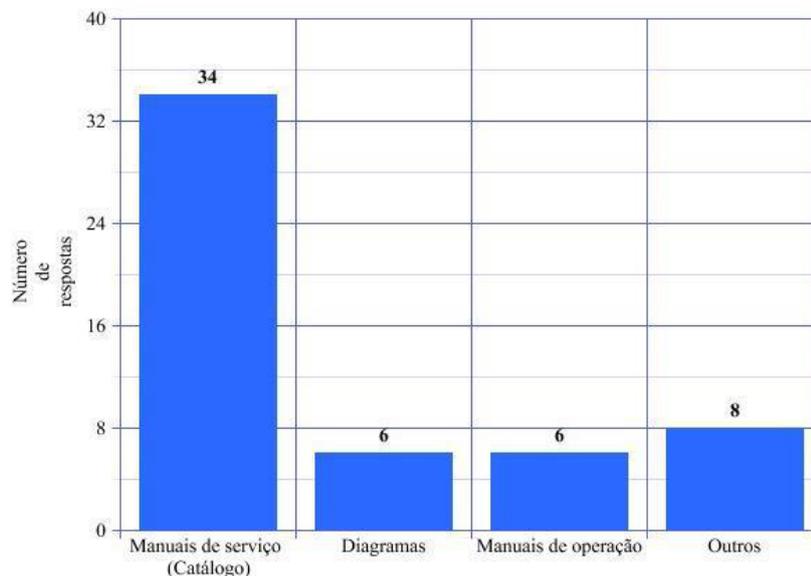


Fonte: Autores.

Quanto ao segundo questionamento, “Quais os materiais necessários para auxiliar na manutenção do equipamento?”, os dados obtidos foram agrupados no Figura 3. Nota-se novamente a importância dada pelos respondentes aos manuais de serviços (catálogos), os quais foram citados em 34 respostas. Da mesma forma que na pergunta anterior, a classe outros englobam respostas isoladas ou que não podem ser transformadas em requisitos. Em seguida, manuais de operação e diagramas elétricos e hidráulicos também aparecem como respostas, embora em menor número.

Figura 3 - Resposta 2 do questionário.

Quais os materiais necessários para auxiliar na manutenção do equipamento?



Fonte: Autores.

No tocante as demais perguntas, os resultados indicaram que para 100% dos respondentes seria interessante observar o histórico de manutenção do equipamento para realizar um diagnóstico, mostrando a necessidade de visualização de ações já realizadas anteriormente no equipamento para executar futuras intervenções. Além disso, 88,88% dos respondentes entendem que possuir a simbologia de segurança em mãos facilitaria a manutenção. Por fim, 93% dos respondentes entendem ser importante possuir manuais e catálogos em mãos ao executar a manutenção. Acredita-se que é importante que o equipamento possua os catálogos e manuais disponíveis dadas as possíveis dúvidas sobre problemas mecânicos e elétricos que possam surgir ao longo da intervenção.

4.2 Planejamento

Posteriormente a pesquisa, um levantamento foi realizado a fim de perceber quais as respostas poderiam tornar requisitos a serem desenvolvidos no projeto, conforme Tabela 2. A estipulação dos requisitos obedeceu a questões como a capacidade de modelagem e a fidelidade com a proposta inicial adotada, voltada à manutenção de equipamentos remotos.

Tabela 2 - Transformação de necessidades em requisitos.

| Necessidades consideradas como viáveis | Requisitos para modelagem |
|--|---|
| Necessidade de consulta aos manuais durante intervenções | - Disponibilização de catálogos e manuais remotos |
| Falta de informações sobre o equipamento ao realizar as intervenções | - Disponibilização de catálogos e manuais remotos - Disponibilização dos Códigos de falhas de forma remota |
| Melhoria da segurança para o desenvolvimento dos trabalhos | - Disponibilização da simbologia de painel elétrico remotamente |
| Necessidade de conhecer o equipamento | - Não é um requisito válido. |
| Necessidade de verificação dos diagramas elétricos e hidráulicos | - Disponibilização dos diagramas elétricos e hidráulicos de maneira remota |
| Necessidade de manuais de operação | - Disponibilização da simbologia de painel elétrico remotamente |

Fonte: Autores.

De acordo com o Tabela 2, percebe-se que nem todas as necessidades apontadas puderam ser traduzidas em requisitos, devido à complexidade de se atender tais necessidades. Acredita-se que a necessidade de se conhecer o equipamento está mais ligada à ações de treinamento e que essa não será suprida pela aplicação desenvolvida.

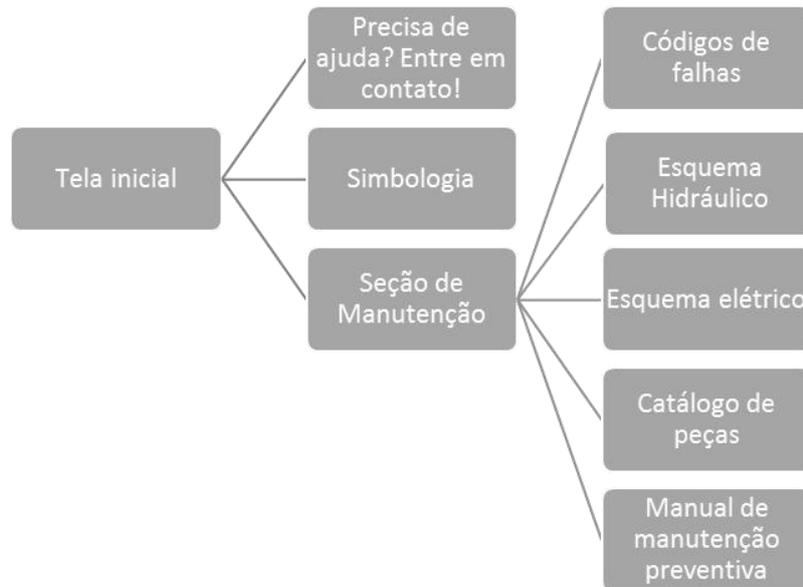
4.3 Modelamento

Uma vez que os requisitos foram definidos, iniciou-se o modelamento, em que houve a necessidade de disponibilizar de forma organizada e de fácil acesso, os conteúdos selecionados aos usuários. A ordenação do material por meio do Linktree permitiu dar uma aparência amistosa ao sistema, além de organizar uma estrutura de acesso por meio menus de botões capazes de criar uma interface mais adequada entre usuários e conteúdo. O sistema foi projetado pensando na otimização da estrutura, permitindo acesso direto aos materiais necessários por meio de poucas interações.

Durante a implementação do protótipo, optou-se por realizar o armazenamento dos materiais de consulta na nuvem. Dessa forma, aumenta a segurança contra perdas e evitar o excesso de armazenamento em diferentes dispositivos. Assim o download dos itens disponibilizados poderia ser realizado a cada utilização.

A Figura 4, demonstra a estrutura dos menus e a disposição após escanear o QR code. A tela inicial é acessada por meio do QR code, utilizando a própria câmera do celular. À partir da tela inicial, três menus secundários podem ser acessados: estrutura da empresa, simbologia e seção de manutenção.

Figura 4 - Disposição dos botões no sistema QR code.



Fonte: Autores.

Existe um espaço exclusivo para se entrar em contato com a empresa. Desta forma, os usuários que acionarem este botão, poderão além de entrar em contato com a empresa proprietária do equipamento, e saber um pouco mais sobre ela. Este botão leva o usuário direto para o site da organização, onde contém toda trajetória da empresa e os telefones de contato. Também foi destinado um espaço exclusivo para a simbologia do painel do equipamento. Seção de simbologia é dedicada aos símbolos pictográficos que aparecem no painel do equipamento quando esse apresenta alguma anormalidade. Nos casos em que o operador não possui conhecimento dos significados dos símbolos, este poderá consultá-lo pela aplicação, sem necessidade de deslocamento.

A tela “seção de manutenção”, compila a maior parte do conteúdo da aplicação, contendo meios de acesso aos códigos de falhas, diagramas hidráulicos, diagramas elétricos, catálogos de peças e manual de manutenção preventiva. Todo esse acesso é possível após o usuário apontar a câmera do smartphone para o QR code da Figura 5.

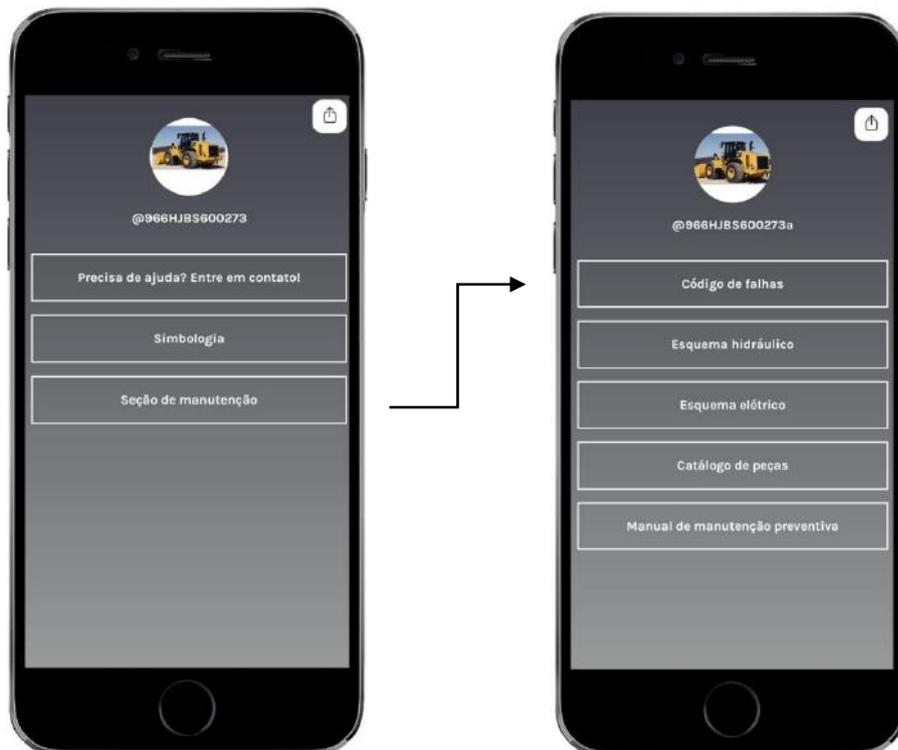
Figura 5 - QR code do sistema.



Fonte: Autores.

Após escanear o QR code, o usuário tem acesso a interface do sistema, a imagem da esquerda na Figura 6, é a primeira a ser acessada, e após acessar o botão seção de manutenção, o usuário é direcionado a interface conforme a imagem da direita.

Figura 6- Interface do sistema



Fonte: Autores.

4.4 Construção

Após concluído o modelamento, a etapa de construção iniciou-se pelo upload dos conteúdos em uma conta no Google Drive. Em seguida, e utilizando a plataforma Linktree, foi realizado o endereçamento, correlacionando os menus e o conteúdo por meio de hiperlinks disponibilizados pelo próprio Google Drive, deixando disponíveis os conteúdos armazenados em nuvem. A cada passo construído, foram realizados testes de acesso aos conteúdos de forma a validar a sua funcionalidade.

Durante os testes, o erro mais comum foi o não aparecimento do conteúdo quando o botão correspondente era acionado. Para corrigir este erro foi necessário modificar as configurações de cada conteúdo na nuvem, trocando seu status de compartilhamento de “restrito” para “qualquer pessoa”. Isso fez com que o conteúdo se tornasse visível a qualquer pessoa que o acesse através de um link.

Após o teste funcional dos acessos, foi gerado um QR code de forma a permitir e direcionar o acesso ao conteúdo. Apenas por meio dele é possível que os usuários naveguem na interface do sistema.

4.5 Testes práticos da aplicação

Após a construção preliminar do sistema, foi necessária a realização de testes práticos de forma a reunir e compilar as informações de desempenho em campo que pudessem ajudar no desenvolvimento do protótipo. Para isso, o sistema foi testado na empresa Mendes Locação, uma pequena empresa familiar localizada na cidade de Congonhas. Os integrantes de sua equipe de manutenção fizeram uso do sistema durante um período de 90 dias para apresentação dos resultados do presente estudo.

Um ponto importante é que a empresa onde os testes foram realizados optou por não disponibilizar seu histórico de manutenção. Devido a esta situação, este tópico não foi abordado no protótipo, podendo esse ser inserido em versões posteriores da aplicação.

Apesar de ter sido observada alguma resistência no início da utilização, o uso da aplicação foi se tornando mais frequente, até fazer parte da rotina dos mantenedores. Desta forma, os usuários puderam apontar algumas vantagens e desvantagens do sistema, conforme exposto na Tabela 3. Entre as vantagens, pode-se destacar: o fácil acesso aos materiais por meio do smartphone, a possibilidade de fazer download de materiais necessários aos serviços e a diminuição do deslocamento nas intervenções.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens da utilização do sistema.

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| Economia de tempo na execução de tarefas. | Necessidade do uso de internet para a leitura do código Qr. |
| Diminuição de deslocamento para resolver os problemas. | Falta materiais como manuais de serviço. |
| Interação entre equipes de manutenção. | |
| Várias informações do equipamento em um só local. | |
| Fácil acesso por meio de <i>smartphones</i> . | |
| É possível fazer o download dos materiais. | |
| O Qr code chama atenção de outras pessoas e quando acessam, passam a conhecer um pouco sobre a empresa. | |
| Facilidade de acesso aos materiais necessários para manutenção preventiva. | |

Fonte: Autores.

Embora tenham ficado evidentes as melhorias práticas no uso do sistema, algumas desvantagens também foram verificadas. São elas a necessidade de internet para acessar os conteúdos e a falta de manuais de serviço. Com relação à internet, a tratativa desta questão transcende o escopo do aplicativo, sendo esta uma condição inerente à infraestrutura da

empresa em si. Com relação aos manuais de serviço, por se tratarem de materiais que apenas representantes dos fabricantes possuem, é esperado que o seu acesso para upload na aplicação seja mais dificultoso.

Algumas alterações foram realizadas com intuito de melhorar o visual e o conteúdo das informações contidas no sistema. A primeira alteração feita foi a mudança do conteúdo contido no botão “estrutura da empresa”. Anteriormente o conteúdo se limitava a um texto informativo sobre a organização. Após a atualização, os usuários possuem a possibilidade de navegar diretamente no site da empresa, obtendo mais informação sobre a organização.

Até o presente momento, o sistema se encontra em testes, podendo ainda serem verificadas outras vantagens ou desvantagens para os usuários. Portanto, há ainda um processo de busca por outras empresas para fazer o teste do protótipo, afim de validar eficácia do mesmo, sendo este o próximo passo previsto para a implementação da versão final do aplicativo.

5 Conclusão

Este artigo teve como objetivo o desenvolvimento do protótipo de um sistema de manutenção acessado via QR code disponibilizado diretamente nos equipamentos. Essa iniciativa visou melhorar o processo de atendimento de equipes de manutenção à equipamentos que apresentam falhas, dando acesso a informações importantes para a realização dos trabalhos. Para isso foram utilizadas 4 das 5 etapas de desenvolvimento de software de Pressman (2011).

De acordo com o resultado, foi possível observar que o protótipo desenvolvido é um sistema funcional, capaz de auxiliar na prática a resolução de falhas em equipamentos. Alguma das vantagens identificadas da aplicação foram: o fácil acesso ao sistema por meio de smartphones, a junção de várias informações relativas ao equipamento em um só local e a economia de tempo de execução de tarefas. Porém alguns problemas foram evidenciados, sendo eles a necessidade de conexão de internet para acesso às informações do sistema e falta de manuais de serviço. Esses já eram esperados, dadas as limitações de infraestrutura local e a dificuldade de acesso a materiais de fornecedores.

Como limitações do estudo, pode-se citar a dificuldade de encontrar empresas interessadas em testar o protótipo. Até o presente momento do estudo, apenas uma empresa se disponibilizou a testá-lo. Além disso, a empresa optou por não fornecer dados históricos de manutenção. Uma outra dificuldade verificada foi em encontrar alguns materiais específicos a respeito dos equipamentos. Alguns deles são detidos apenas por representantes. Contudo, deve-se ressaltar que, mesmo com as limitações apresentadas, a aplicação se mostrou vantajosa pelos testes realizados.

Como proposição de novos estudos, pode-se destacar a ampliação do uso da aplicação para motores e outros componentes industriais que possuem necessitam de ensaios de vibração. Esses ensaios necessitam de informações específicas de cada componente do equipamento para serem realizados, tais como: tipo de rolamento, RPM de trabalho, tipo de graxa utilizada, entre outros. Com a ampliação da aplicação, essas informações podem permanecer em uma base de dados na nuvem, para que sejam acessadas via Qr code no momento da coleta de dados, economizando tempo da equipe e eliminando a possibilidade de acesso a informações errôneas.

Referências

- ABNT NBR 5462. (1994). Confiabilidade e manutenibilidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Abreu, T. R. (2022). Principais conceitos na implantação da sistemática de manutenção nas indústrias. *Research, Society and Development*, 11(1), e23911124652-e23911124652.
- Bicalho, A. L. R., Júnior, C. J. F., Torres, H. M., Domingos, M. F. O., Ribeiro, M. A. S., & Pereira, T. F. (2020). Gestão por competência na inspeção de componentes mecânicos de uma usina de beneficiamento de minério de ferro. *Research, Society and Development*, 9(6), e195963248-e195963248.
- Campos, I. R. (2013). *Implantação do sistema ERP-SAP na manutenção*. (Monografia de especialização). Faculdade de Tecnologia SENAI – CIMATEC, Salvador.
- Emaint (2021). *What is a cmms?* <https://www.emaint.com/what-is-a-cmms/>.

Engholm, J. H.(2010). *Engenharia de software na prática*. Novatec Editora

Oliveira, E. F. & Baroni, B. J. (2020). *Proposta de melhoria de um processo de manutenção autônoma em razão da pandemia COVID-19*. (Monografia de especialização) Universidade federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia de Produção, Uberlândia.

Fitch, E. C. (2013). *Proactive maintenance for mechanical systems* (5a ed.). Oxford: Elsevier.

Kardec, A. & Nascif, J. (2009). *Manutenção: função estratégica*. (3a ed.). Qualitymark.

Lima, A. L. (2017). *O Guia de Referência*. (6a ed.) Recuperado de https://issuu.com/redeindustrial/docs/manual_20pr_c3_81tico_20de_20pcm_20.

Milies, F. C. P. (2008). *A matemática dos códigos de barras*. Revista Professor de Matemática, 65, 46-53.

Mirshawka, V. & Olmedo, N. L. (1993). *Manutenção-Combate aos custos da não eficácia: a vez do Brasil*. São Paulo, Makron Books do Brasil Editora Ltda, 373 p.

Neves, B. G. (2015). *Sistema de Apoio à Manutenção de Maquinário Elétrico Industrial* (Monografia de especialização) Instituto Militar de Engenharia, Graduação em Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro.

Otani, M. & Machado, W. V. (2008). *A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial*. Revista Gestão Industrial, 4(2), 1-16.

Preece, J., Rogers, Y. & Sharp, H. (2002). *The process of interaction design*. John Wiley & Sons.

Pressman, R. S. (2011). *Engenharia de software: Uma abordagem profissional*. (7a ed.). Amgh Editora Ltda.

Silva, A. R. D. & Fantin, S. (2021). A matemática do Qr code. *Revista ENSIN@UFMS*, Três Lagoas, 2, 374-399.

Silva, D. M., Andrade, I. C., Alves, J. L. S., Lourenço, R. F. B., & Vasconcelos, G. R. (2020). A manutenção de componentes como fator crítico no processamento de soja e seus desdobramentos. *Research, Society and Development*, 9(7), e241974023-e241974023.

Soon, T. J. (2008). *QR Code. Synthesis Journal. Section three*. ITSC Information Technology Standard Committee. Singapore, 59-78.

Souza, A.S.B.T.D. (2014). *Uso do Qr code no marketing digital: A perspectiva do utilizador português*. Dissertação (Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, Mestrado em Marketing Digital). https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/5637/1/DMAnaSouza_2014.pdf.

Souza, V. C. (2011). *Organização e Gerência da Manutenção: Planejamento, Programação e Controle da Manutenção*. (4a ed.) All Print.

Tutorialspoint. (2022). *Sap Modules*. https://www.tutorialspoint.com/sap/sap_modules.htm

Vanz, N. M. (2012). *Um estudo sobre a evolução do código de barras linear até o Qr code e sua aplicação em um estudo de caso*. (Monografia de especialização). Instituto Federal De Educação, Ciências e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSUL, Curso de Tecnologia em sistemas para internet, Passo fundo.

Veloso, N.(2015). *Gerenciamento e manutenção de equipamentos móveis*. (2a ed). Sobratema.

Viana, H. R. G. (2002). *PCM, Planejamento e controle da manutenção*. Qualitymark.

Xenos, H. G.(1998). *Gerenciando a Manutenção Produtiva*. Editora de desenvolvimento gerencial.