

CarCulator: Aplicativo móvel para cálculo de tempo de vida útil remanescente de componentes automotivos

Vinicius R. Ferreira, André C. da Silva

Grupo de Pesquisa Mobilidade e Novas Tecnologias de Interação
Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)
Campus Hortolândia – SP – Brasil de

vinicius.rondini@aluno.ifsp.edu.br, andre.constantino@ifsp.edu.br

Abstract. *Nowadays, a great number of Brazilians take their vehicles to car repair workshops for corrective maintenance, making the service get 800% more expensive if compared to the same fixing, but this time preventive. Thinking not only about the economic factor, but also on the unpredictability and the risk that the malfunctioning could cause, the goal of this paper consists on the development of a mobile application that helps the car owner, registering fixes and notifying next manutentions considering the remaining useful lifetime of car parts, based on some parameters passed by the user, like: the kilometers traveled, damage caused by the friction of the ground against the surface of the wheel, besides other calculations and factors.*

Resumo. *Atualmente, um grande número de brasileiros realiza a manutenção corretiva em seus veículos automotivos, fazendo com que o custo do conserto possa ser até 800% maior se comparado a mesma correção, mas dessa vez preventiva. Pensando não só no fator econômico, mas também na imprevisibilidade e risco que o mau funcionamento dos componentes automotivos podem proporcionar, o objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um aplicativo móvel que auxilie o proprietário no registro das manutenções e na notificação de manutenções aproximadas considerando a vida útil das peças automotivas, baseando-se em alguns parâmetros fornecidos pelo usuário, como: a quilometragem percorrida, danos causados pela fricção entre a superfície do pneu e a superfície percorrida pelo automóvel, além de outros cálculos e fatores.*

1. Introdução

Atualmente, a utilização de dispositivos móveis vem crescendo cada vez mais no mercado, visto que em janeiro de 2019 eram aproximadamente 229 milhões de telefones celulares no Brasil, enquanto em novembro de 2021 esse número subiu para 253 milhões, um aumento de aproximadamente 10,5% (ANATEL, 2021). Em 2018, a parcela das residências brasileiras que continham ao menos um telefone celular para uso pessoal já havia alcançado 81% (IBGE/PNAD Contínua, 2019). Baseando-se nesses números, percebe-se a notável presença de aparelhos celulares no Brasil, esses que são utilizados para diversas tarefas do dia a dia (LEE et al, 2005) como como a educação, o lazer, o trabalho, compras, entre outras finalidades (DE OLIVEIRA, 2007).

Uma grande preocupação de proprietários e condutores de veículos é referente a manutenção de seus automóveis. Segundo a norma NBR 5462 (ABNT, 1994), há vários tipos de manutenção, mas neste trabalho serão abordadas as manutenções do tipo preventiva e corretiva. O conserto preventivo de veículos torna-se menos custoso se comparado à manutenção corretiva (OTANI; MACHADO, 2008), uma vez que a utilização do automóveis

com peças não regulares torna o consumo de combustível maior, além de ter a chance de acarretar na deterioração de outros componentes automotivos (DARIO, 2012).

Ademais, de acordo com a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos, em 2017, 48% das manutenções eram feitas de forma preventiva, enquanto 42% são do tipo corretivo, já os 10% restantes são classificados como outros subtipos de manutenção (ABRAMAN, 2017). Em um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2022) utilizando um modelo específico de carro, a revisão foi realizada após o veículo ter rodado 70 mil quilômetros, degradando de forma severa o sistema de alinhamento e balanceamento do automóvel e fazendo com que a manutenção neste caso seja corretiva. O valor final da correção foi 800% maior se comparado à manutenção preventiva (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Portanto, dado o grande aumento na utilização de dispositivos móveis no Brasil para diversos fins, além da grande diferença do custo corretivo de automóveis para o preventivo, o objetivo deste projeto é desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis que seja capaz de receber parâmetros para avaliar peças automotivas e retornar para o usuário uma estimativa da situação do componente do veículo e uma justificativa, com dicas para o usuário de como preservar o componente automotivo selecionado.

Dessa forma, este artigo está estruturado da seguinte maneira: a Seção 2 relata os referenciais teóricos; na Seção 3 são apresentados trabalhos correlatos a este projeto; a Seção 4 descreve a metodologia usada para a elaboração e concepção do trabalho; a Seção 5 trata o desenvolvimento; enquanto a Seção 7 descreve a conclusão.

2. Referencial Teórico

O objetivo desta seção é apresentar os assuntos da fundamentação teórica, como a manutenção preventiva, o desenvolvimento de aplicações móveis, aplicativos híbridos e histórias de usuário.

2.1 Manutenção Preventiva

Segundo a NBR-5462, o termo manutenibilidade dá-se pela capacidade de preservação ou substituição por outro item em condições de realizar a mesma função ou atividade. Baseando-se nesta definição, acresce-se que manutenção preventiva é aquela realizada em intervalos de tempo predeterminados, a fim de diminuir a probabilidade de falhas, mau funcionamento ou degradação do item (ABNT, 1994).

Ademais, esse tipo de correção contém várias vantagens, como a diminuição da chance de falhas, por exemplo, evitando assim grandes riscos (KARDEC, NASCIF, 2009). Além disso, o custo de restauração de um componente tem um custo menor se comparado a manutenção corretiva (KARDEC, NASCIF, 2009; OTANI; MACHADO, 2008).

Entretanto, a desvantagem trazida pela manutenção preventiva está no tempo investido pelo usuário em etapas da avaliação do componente, tais quais: análises, medições e verificações (SILVA *et al.*, 2013). Além do tempo improdutivo da máquina, visto que a mesma não pode ser utilizada durante seus reparos, os componentes automotivos são trocados antes de completarem seu tempo de vida útil (SILVA *et al.*, 2013).

Contudo, o acompanhamento constante do estado da peça permite que custos sejam reduzidos, evitando manutenções desnecessárias e situações problemáticas inesperadas (ONAHARA, 2019), permitindo assim que o veículo funcione por mais tempo e de maneira mais segura, uma vez que o item defeituoso degrada-se de acordo com a severidade do problema. Portanto, assim que a irregularidade é detectada, é possível evitar maiores reparos

corrigindo-a em seu estado preliminar (WYREBSKI, 1997; KARDEC, NASCIF, 2009; SILVA *et al.*, 2013).

2.2 Desenvolvimento de Aplicativos Móveis

Atualmente, aplicativos móveis têm sido utilizados em diversas áreas comerciais e pessoais, visto que a portabilidade de aplicativos permite que diversas atividades e tarefas (APARECIDO, 2019), que antes dependiam de um meio físico para serem executadas, hoje podem ser realizadas através de um aplicativo que pode ser instalado em questão de segundos.

No livro “Aplicações móveis: Arquitetura, projeto e desenvolvimento”, Valentino Lee, Heather Schneider e Robbie Schell descrevem os principais benefícios de um aplicativo móvel em quatro qualidades. A primeira, a portabilidade, consiste na capacidade de ser facilmente transportável (LEE, SCHNEIDER, SCHELL, 2005) e não se aplica ao contexto por tratar de dimensões e características físicas de aparelhos como *smartphones*, computadores de mesa (*desktops*) e *laptops*, mas sim por conta de sua capacidade de ser executado nestas mesmas plataformas em diversas situações e ambientes diferentes.

A segunda vantagem é a usabilidade, devendo assim garantir que o aplicativo seja utilizável por diferentes públicos. Alguns fatores que devem ser considerados referente ao público são as características do usuário, como idade, âmbito social, entre outros fatores; o ambiente no qual o aplicativo será utilizado, sendo levados em consideração condições normais de funcionamento do aplicativo e situações extremas; e, por último, as características do dispositivo como a capacidade de processamento, armazenamento e idade do dispositivo (LEE, SCHNEIDER, SCHELL, 2005).

Já o terceiro benefício, funcionalidade, é explicado que geralmente aplicativos móveis contêm várias funcionalidades. Essas podem ser independentes, ou seja, não precisam necessariamente interagir com outro usuário ou sistema (relógio e calculadora, por exemplo), ou dependentes (calendário, agenda, contatos e GPS são algumas funções que usam outros sistemas) (LEE, SCHNEIDER, SCHELL, 2005).

O último tópico é a conectividade. Nessa seção é argumentado que apesar de um aplicativo e suas funcionalidades atuarem de forma independente, sua função primária é justamente a conexão de pessoas e/ou sistemas para transmitir ou receber informações (LEE, SCHNEIDER, SCHELL, 2005). Além disso, um aplicativo móvel pode atuar ou estar conectado a um sistema *back-end*, atuando, como descrito pelo autor, de três formas em *background*: nunca, periodicamente e sempre (LEE, SCHNEIDER, SCHELL, 2005), de forma que, mesmo com o aplicativo fechado, ele continua consumindo recursos de outras ferramentas. O aplicativo “Saúde”, presente em dispositivos iOS, monitora a quantidade de passos e calorias gastas pelo usuário do dispositivo mesmo sem estar em execução (APPLE, 2023).

2.3 Aplicativos Híbridos

O conceito de aplicativos híbridos trata sobre a possibilidade de desenvolver um único código que seja capaz de funcionar em diferentes plataformas, como iOS, Android, *Web* e Desktop (APARECIDO, 2019), exemplificado na Figura 1. Além disso, o desenvolvimento de aplicativos híbridos envolve também os conceitos de aplicativos nativos e *Web Apps*.

Os aplicativos nativos são aqueles desenvolvidos para serem executados em apenas uma determinada plataforma, como as já citadas anteriormente, permitindo que os recursos do aparelho móvel sejam aproveitados ao máximo (APARECIDO, 2019). Já os aplicativos desenvolvidos com recursos *web*, são caracterizados como *Web Apps*. Esses se destacam por sua simplicidade, mas ainda assim mantendo a qualidade, combinando textos e interfaces gráficas. Além disso, por contarem com recursos *web* em seu desenvolvimento, como HTML, CSS e JavaScript, estes se tornam disponíveis em múltiplos sistemas operacionais, uma vez que basta acessar o aplicativo no navegador do aparelho (APARECIDO, 2019).

Segundo Aparecido (2019, pág. 9), um *framework* pode ser definido como híbrido a partir do momento em que seu conjunto de bibliotecas, códigos fonte e ferramentas são capazes de suportar diferentes plataformas. Dessa forma, o aplicativo que abrange diferentes sistemas operacionais, como Android e iOS, pode ser considerado como multiplataforma, enquanto aquele que tange a mesma plataforma, mas em diferentes versões, tal como iOS 5 e iOS 6, já não pode ser considerada híbrida.

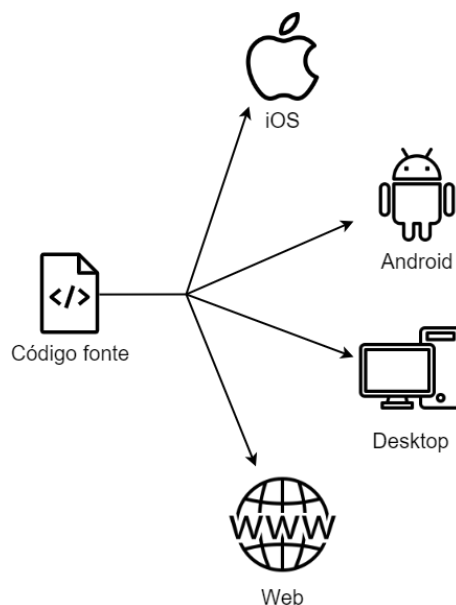


Figura 1. Código fonte único multiplataformas. Fonte: elaborado pelo autor.

2.4 Histórias de Usuário

A elaboração de uma história de usuário é uma forma de fazer o levantamento de requisitos, a fim de descrever, do ponto de vista do cliente ou comprador do projeto, através de um texto simples e breve, qual é o objetivo da premissa levantada e quais serão seus benefícios (COHN, 2004; LIN, 2014). Além disso, o objetivo da história de usuário é focar no problema no contexto de áreas de negócio, visto que requisição levantada visa solucionar determinada carência e não em como o problema em si será resolvido (LEVISON, 2017).

3. Trabalhos Correlatos

Esta seção tem como finalidade apresentar as principais funcionalidades de aplicativos similares, que serviram como base para o desenvolvimento deste trabalho.

3.1 Drivvo

Drivvo é um aplicativo móvel com suporte para as plataformas iOS e Android desenvolvido pela empresa de mesmo nome. Na Figura 2(a), é apresentada a tela de login do aplicativo, esta que apresenta diferentes recursos de login, além da opção de registro (Drivvo, 2023). Suas principais funcionalidades são baseadas no gerenciamento e controle de gastos com veículos automotivos, como pode ser observado na Figura 2(b). No *software*, é possível gerar relatórios e gráficos de abastecimento, lembretes de manutenção, além de permitir a visualização de postos de combustíveis perto e seus preços (Drivvo, 2023).

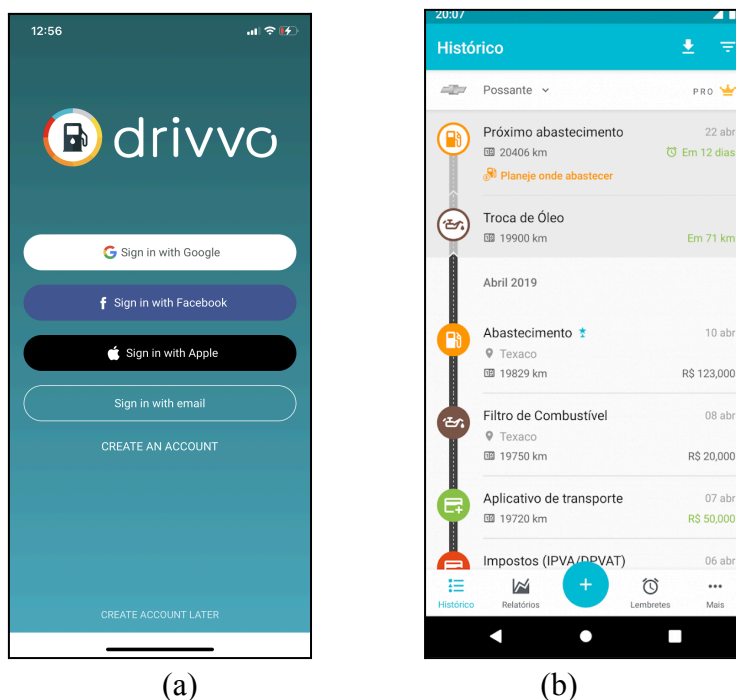


Figura 2. Imagens de telas do aplicativo Drivvo (a) tela inicial do aplicativo e (b) tela de histórico de gastos do Drivvo. Fonte: (Drivvo, 2023).

3.2 Carango

O Carango é um aplicativo móvel nativo desenvolvido para Android. Na Figura 3(a) é apresentada sua tela inicial, onde a autenticação pode ser realizada usando diferentes credenciais (Google Play Store, 2023). O aplicativo, além de disponibilizar o histórico de manutenções homologadas pelo usuário, Figura 3(b), é capaz de gerar relatórios de gastos com o veículo, ilustrado na Figura 3(c) (Google Play Store, 2023).

3.3 Meu Possante

O aplicativo Meu Possante é um *web app* desenvolvido por Bruno da Silva Macedo, Leonardo Geraldo Barbosa, Silvanderson Martins dos Santos, Breno Martins da Costa Corrêa e Souza e Thiago Magela Rodrigues Dias, a fim de gerenciar os gastos do usuário com seu veículo automotivo. Além disso, algumas funcionalidades, como a de um mapa que apresenta postos de combustível próximos e o preço de seus produtos, um menu retrátil com algumas opções, evidenciado na Figura 4(a), além de um gráfico mostrando a autonomia do veículo, Figura 4(b), também foram incluídas no *website* (Meu Possante, 2018).

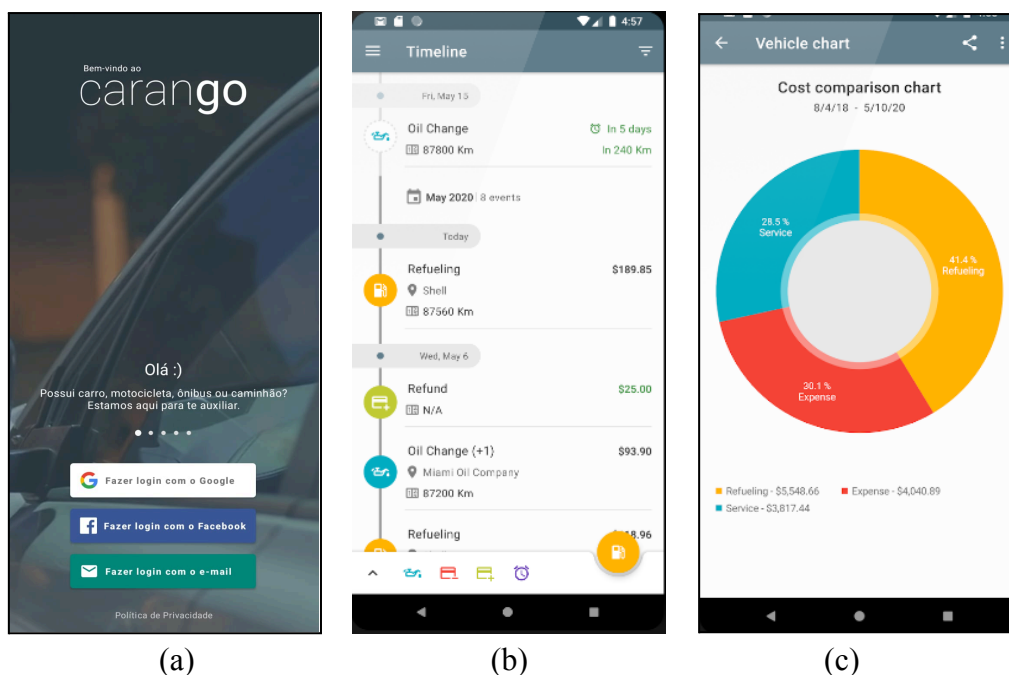


Figura 3. Telas do aplicativo Carango de (a) sua tela inicial, (b) histórico de gastos com diferentes produtos e (c) relatório de gastos por tipo. Fonte: (Google Play Store, 2023).

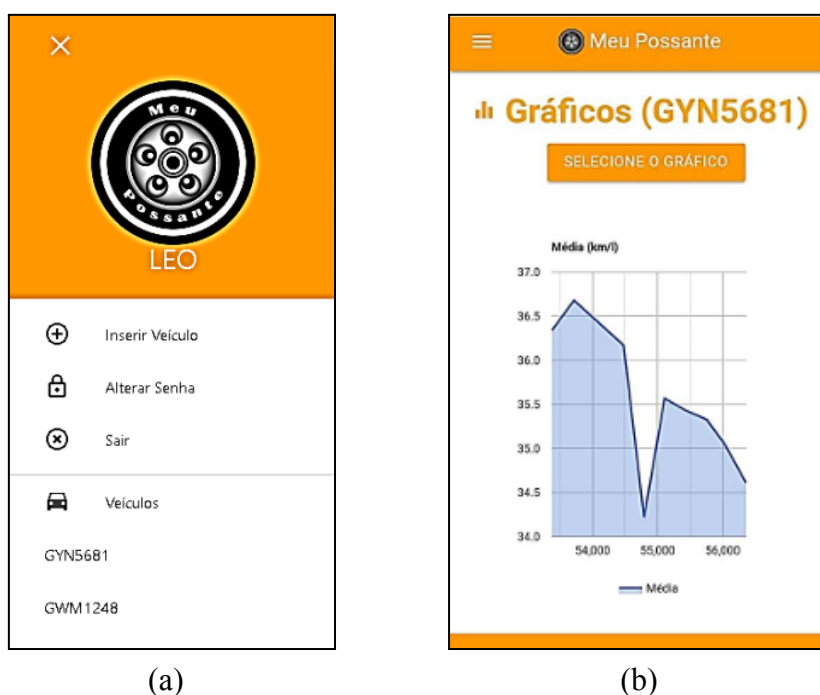


Figura 4. Figuras do aplicativo Meu Possante (a) menu retrátil do aplicativo e (b) Gráfico da autonomia do veículo do aplicativo Meu Possante. Fonte: (Meu Possante, 2018).

3.4 Comparação dos aplicativos

Analisando os aplicativos anteriores, foram percebidas algumas diferenças entre suas funcionalidades, essas foram compiladas e detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação das funcionalidades dos trabalhos correlatos. Fonte: elaborado pelo autor.

Funcionalidade/App	Drivvo	Carango	Meu Possante	CarCulador
Gráfico de gestão de gastos	Sim	Sim	Sim	Não
Relatórios de abastecimentos	Sim	Sim	Sim	Não
Mapa com postos de combustível próximos	Sim	Não	Não	Não
Gestão de veículos	Sim	Sim	Sim	Não
Histórico	Sim	Sim	Sim	Sim
Relatório de autonomia de consumo	Sim	Não	Não	Não
Cálculo da vida útil das peças	Não	Não	Não	Sim
Aplicativo híbrido	Sim	Não	Não	Sim

4. Metodologia

Para fazer o levantamento de requisitos, foram analisados outros aplicativos similares, como o Drivvo, o Carango e o Meu Possante, visando entender quais são suas principais funcionalidades, recursos e interfaces usadas para a interação com o consumidor.

Além disso, a técnica de *brainstorming* (em tradução literal, chuva de ideias) foi utilizada para auxiliar no levantamento de requisitos e, para auxiliar na organização das funcionalidades levantadas, foi utilizado o Miro, ferramenta capaz de desenvolver mapas mentais, entre outros diversos tipos de diagramas (MIRO, 2023). Posteriormente, na elaboração de histórias de usuário para articular como será o fluxo de navegação e qual o valor agregado do *software*. A chuva de ideias tem como objetivo levantar quais funcionalidades serão mais pertinentes para o aplicativo, enquanto as histórias de usuário expressam os requisitos para o cliente ou comprador do projeto (COHN, 2004).

Depois do levantamento de requisitos, o fluxo de navegação do usuário foi desenhado na ferramenta draw.io e, posteriormente, para o desenvolvimento de protótipos de média fidelidade, foi utilizada a plataforma de protótipos Figma, ferramenta esta que permite a utilização de recursos gráficos e interações entre telas para a criação de protótipos e designs gráficos (FIGMA, 2023).

Anterior ao desenvolvimento do aplicativo, foi feita a modelagem de dados e criação de tabelas no sistema de gerenciamento de Banco de Dados PostgreSQL. Já para a construção do aplicativo final, o *Integrated Development Environment* (IDE) escolhido foi o Android Studio, fornecido pela Google. O *framework open source* Flutter foi utilizado para o desenvolvimento do aplicativo para o ambiente iOS e Android.

Para o cálculo da porcentagem da vida útil das peças automotivas, foram usadas equações matemáticas descritas por Nguyen et al. (2019). A construção do cálculo da porcentagem da vida útil de pneus e molas de amortecedores foi feita através de alguns parâmetros, como: distância andada pelo veículo, danos causados pela fricção entre a superfície do pneu e a superfície percorrida pelo automóvel, além de outros cálculos e fatores.

5. Desenvolvimento

A seção a seguir tem como objetivo descrever as etapas do desenvolvimento deste trabalho, seus protótipos e suas funcionalidades.

5.1 Levantamento de requisitos

O levantamento de requisitos do aplicativo foi inicialmente realizado utilizando a técnica de *brainstorming*, a fim de idealizar quais seriam as telas a serem desenvolvidas e suas funcionalidades. A plataforma Miro foi utilizada para organizar as ideias, ferramenta essa que pode ser utilizada para elaboração de diagramas como mapas mentais, entre outras funcionalidades (Miro, 2023). As ideias, por fim, foram estruturadas em colunas e estas, por sua vez, foram organizadas em telas, como pode ser observado na Figura 5.

Após o levantamento das ideias, foi estabelecido que o aplicativo terá cinco telas: login, cadastro do usuário, seleção de peças, inserção de parâmetros e resultado final. Além disso, para criar um diagrama de fluxo de usuário e protótipos, foram elaboradas histórias de usuário, de forma que as telas do aplicativo, suas funcionalidades e como elas se comunicam, ficassem bem definidas (Tabela 2).

Tabela 2. Histórias de usuário baseadas nas telas estipuladas. Fonte: elaborado pelo autor.

N.	O quê?	Porquê?
1	Desejo autenticar para acessar meus dados.	Porque não quero que nenhuma outra pessoa tenha acesso às minhas informações.
2	Espero que após eu realizar um cálculo, eu possa visualizar este resultado em outro momento.	Porque desejo visualizar meu histórico de cálculos.
3	Espero que ao alterar minha senha, minhas novas credenciais funcionem.	Porque desejo acessar novamente o aplicativo com meus dados.
4	Quero visualizar a porcentagem de vida útil da minha peça ao finalizar o preenchimento dos campos.	Porque quero visualizar a saúde da peça.
5	Como usuário, quero ser direcionado para a página dos produtos depois de realizar login.	Porque quero selecionar um produto na lista disponibilizada.

5.2 Prototipação da Interface

Após o levantamento de requisitos, foi criado um diagrama de fluxo de navegação de usuários visando mitigar a sucessão de erros, além de evitar que o desenho do processo precise ser redesenhado futuramente (OLIVEIRA, 2011). O diagrama (Figura 6) ilustra as possíveis rotas de navegação no aplicativo realizadas pelo usuário.



Figura 5. Organização das ideias separadas em notas e divididas por colunas.
Fonte: elaborado pelo autor.

Estabelecido o fluxo de usuário, foram criados os protótipos de média fidelidade das telas. A ferramenta usada para o desenvolvimento dos modelos foi o Figma, plataforma online usada principalmente para design e prototipação (FIGMA, 2023). Os protótipos de média fidelidade são elaborados como uma representação do aplicativo ou sistema que podem ser usados como modelo, a fim de testar os conceitos do projeto antes de sua versão definitiva (AGUIAR, 2007).

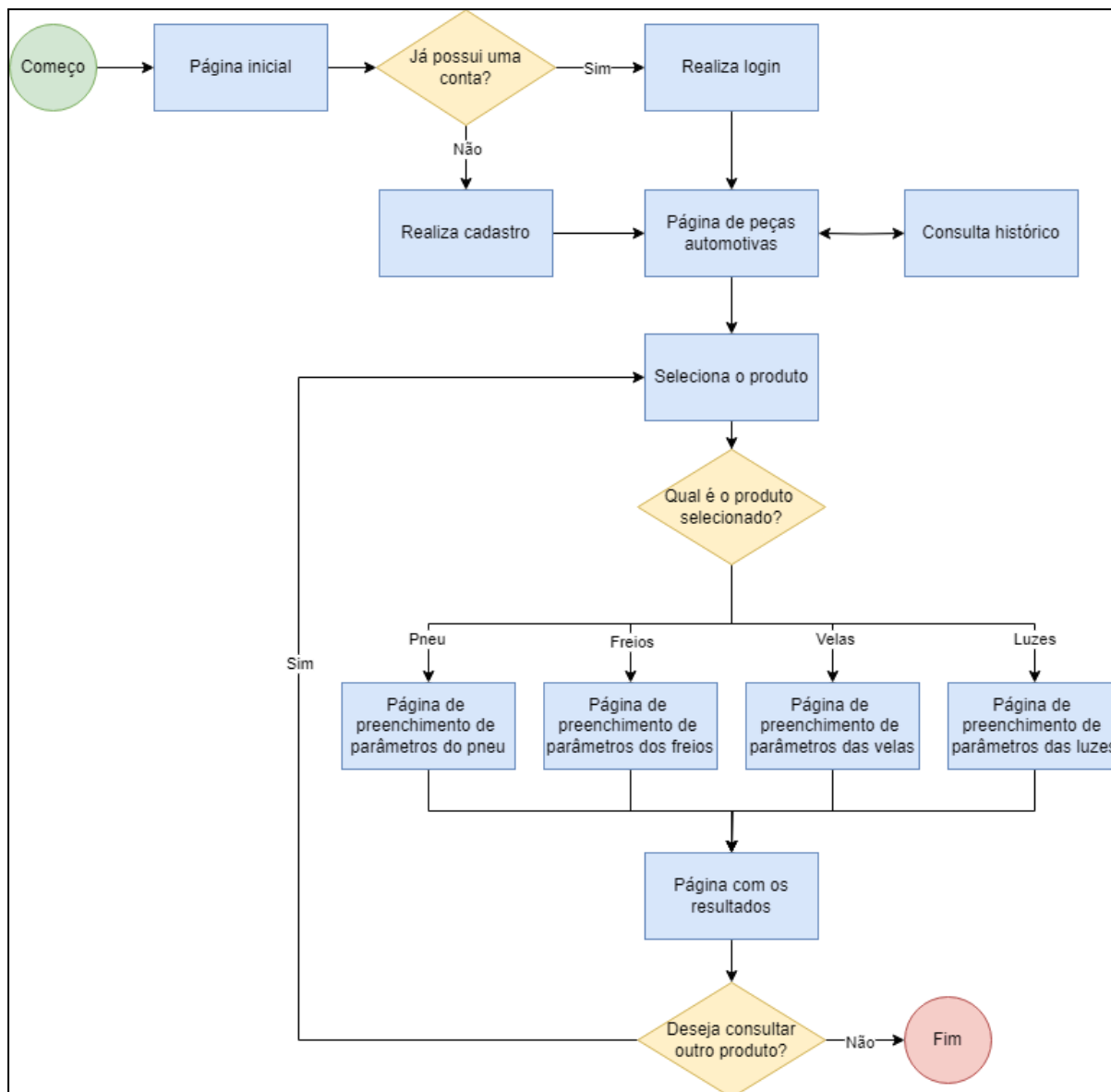
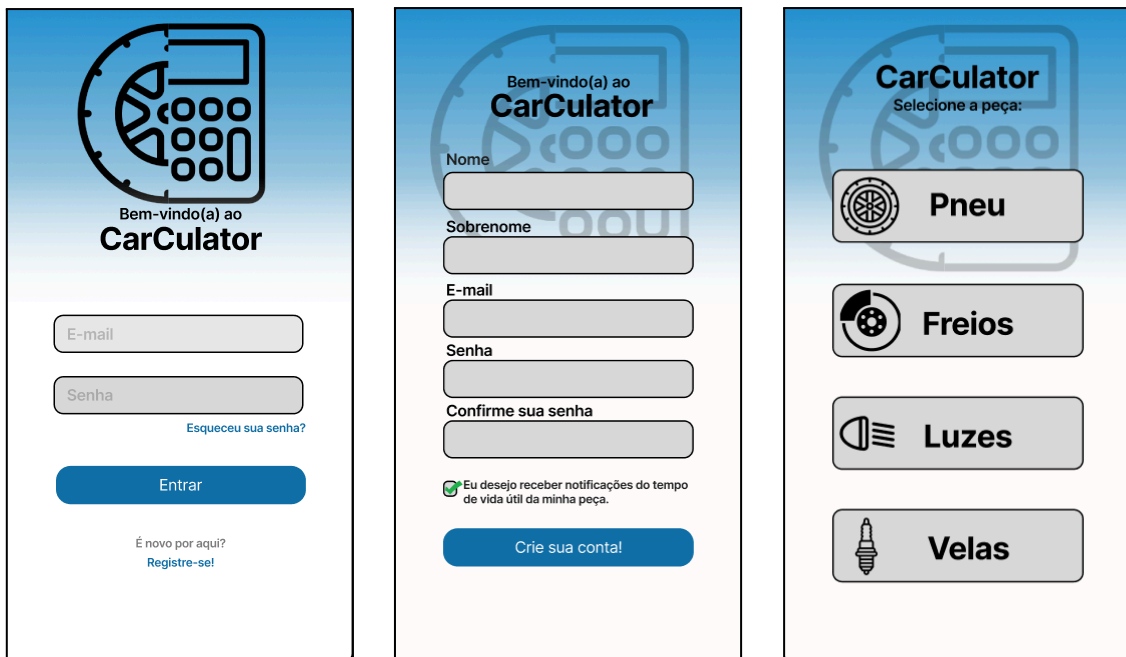


Figura 6. Fluxo de navegação do usuário. Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 7(a), o protótipo de média fidelidade da tela de login pode ser visto. A partir dela, é possível preencher os campos de login e senha com suas credenciais anteriormente registradas. Além disso, caso o usuário esqueça a senha, há a possibilidade de solicitar uma nova senha. Caso o usuário seja novo no aplicativo, basta clicar no botão “Registre-se”, este levará a tela ilustrada pelo segundo protótipo.

O protótipo da tela de registro, Figura 7(b), contém os campos que precisam ser preenchidos para que o usuário consiga acessar as funcionalidades do aplicativo. Entre os campos, são necessárias algumas informações como o e-mail e a senha, por exemplo. Por último, há um *checkbox* opcional perguntando ao usuário se ele deseja ser notificado.

O terceiro, e último, protótipo na Figura 7(c), contém as peças automotivas que podem ser selecionadas pelo usuário para o preenchimento dos parâmetros que serão usados no cálculo posteriormente. Na página estão as seguintes peças: Pneu, freios, luzes e velas.



(a)

(b)

(c)

Figura 7. Protótipos desenvolvidos para o aplicativo CarCulator (a) da tela de autenticação (b) da tela de registro do usuário e (c) da seleção de produtos. Fonte: elaborado pelo autor.

5.3 Modelagem do Banco de Dados

Apesar de ser um *software* com pouca necessidade de armazenamento de dados, viu-se necessária a utilização do sistema gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL, sistema extremamente versátil e capaz de manter a integridade e confiabilidade dos dados (PostgreSQL, 2023).

Foram criadas duas tabelas para o armazenamento dos dados inseridos pelo cliente. A primeira tabela é responsável por armazenar as credenciais e os dados do usuário, de forma que o mesmo possa autenticar para acessar seu histórico de cálculos prévios, estes que serão armazenados na segunda tabela. A segunda tabela contém os números inseridos para a estimativa da vida útil da peça, além do resultado obtido, que poderão ser acessados pelo usuário a partir da tela de seleção de produtos. O Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER) do Banco de Dados é ilustrado na Figura 8.

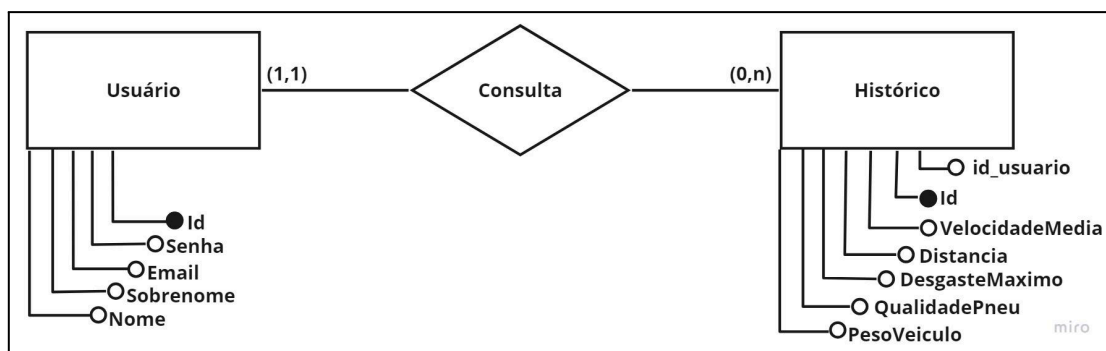


Figura 8. Diagrama Entidade-Relacionamento do Banco de Dados do CarCulator. Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Cálculos para a estimativa do RUL (*Remaining Useful Lifetime*)

Para que o cálculo da porcentagem da vida útil remanescente das peças, ou simplesmente RUL (*Remaining Useful Lifetime*), fosse um valor próximo da realidade, foram utilizadas algumas das equações tratadas no artigo “*Modeling and Prediction of Remaining Useful Lifetime for Maintenance Scheduling Optimization of a Car Fleet*”.

Para obter o resultado referente ao RUL do pneu, foram usadas quatro equações. A primeira delas, apresentada na Figura 9, é usada para obter o desgaste do pneu, onde ΔV_{ti} é o desgaste da peça em milímetros; C_{tire} é a qualidade do pneu; F_{xi} e F_{yi} são, respectivamente, as forças horizontal e vertical que atuam sobre o arco de borracha, enquanto Δd_i consiste no deslocamento relativo entre a superfície de borracha na superfície do solo, sendo simplesmente a distância percorrida pelo veículo (NGUYEN *et al.*, 2019).

$$\Delta V_{ti} = C_{tire} \times (|F_{xi}| + |F_{yi}|) \times \Delta d_i$$

Figura 9. Cálculo do desgaste do pneu em milímetros (NGUYEN *et al.*, 2019).

O valor de ΔV_{ti} , obtido com a primeira fórmula, é usado na segunda equação, Figura 10. No cálculo, as variáveis podem ser vistas da seguinte forma: d_t representa a porcentagem de dano sofrida pelo pneu; o número total de eventos que contribuem para o cálculo é representado pela variável n ; ΔV_{ti} é o desgaste em milímetros do pneu, valor obtido na primeira equação; já ΔV_{t0} é o volume inicial da peça antes de qualquer desgaste; o número obtido através das variáveis anteriormente é multiplicado por 100% para expressar a porcentagem de dano causado à peça (NGUYEN *et al.*, 2019).

$$d_t = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta V_{ti}}{V_{t0}} \times 100\%$$

Figura 10. Equação para obtenção do valor em porcentagem do desgaste do pneu (NGUYEN *et al.*, 2019).

Ademais, a terceira equação, ilustrada na Figura 11, é usada para obter o percentual de desgaste do pneu ao longo de várias semanas, onde D é a soma da porcentagem de dano durante o período de tempo descrito; w é o número total de semanas, variando assim de 1 a w semanas, portanto, D_i são os percentuais de desgaste através das semanas (NGUYEN *et al.*, 2019).

$$D = \sum_{i=1}^w D_i$$

Figura 11. Cálculo do desgaste de acordo com o número de semanas (NGUYEN *et al.*, 2019).

Enfim, o último cálculo a ser realizado retornará o valor da porcentagem da saúde remanescente do pneu, ilustrado na Figura 12 (NGUYEN, Duc Van, *et al.*, 2019), onde RUL é o percentual final a ser calculado; D é o dano acumulado ao longo das semanas (w).

$$RUL = \frac{100\% - D}{D/w}$$

Figura 12. Cálculo final da porcentagem da saúde do pneu (NGUYEN, Duc Van, et al., 2019).

5.5 Codificação do aplicativo

As subseções a seguir contêm as funcionalidades desenvolvidas para o aplicativo.

5.5.1 Página de login

Logo ao iniciar o aplicativo, a primeira tela exibida é a de login (Figura 13), que exige campos para o usuário informar o e-mail e a senha do usuário para que seja feita a autenticação. Se as informações preenchidas já tiverem sido registradas anteriormente no banco de dados, então o acesso será efetuado com sucesso, direcionando o usuário à tela com a lista de peças automotivas disponíveis para a realização da estimativa (Figura 14). Ainda na mesma tela, o usuário possui a opção de cadastrar-se ou recuperar sua senha.



Figura 13. Página de login do aplicativo CarCulator. Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.2 Seleção do componente automotivo

Após a autenticação com êxito, o usuário será dirigido para a página com uma lista de peças automotivas que podem ser selecionadas para o preenchimento dos parâmetros necessários para a realização da estimativa do porcentagem da vida útil remanescente. Como pode ser visto na Figura 14, estão disponíveis quatro opções de componentes, que ao serem selecionados, redirecionam o usuário para a nova tela de inserção de parâmetros, cada um com seus respectivos campos diferentes, uma vez que cada um depende de fatores diferentes para o cálculo do desgaste (NGUYEN, Duc Van, et al., 2019).

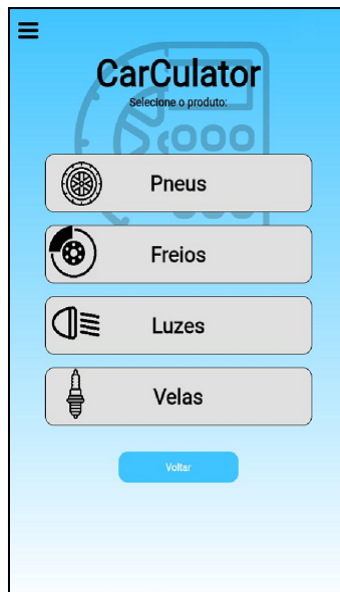


Figura 14. Tela de seleção de componente automotivo. Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.3 Preenchimento de parâmetros para o cálculo

Depois da seleção da peça, a tela para preenchimento dos campos para a realização do cálculo é apresentada. Como representado na Figura 15, o usuário deve preencher os campos com seus respectivos valores para a realização dos cálculos descritos na seção 5.4.

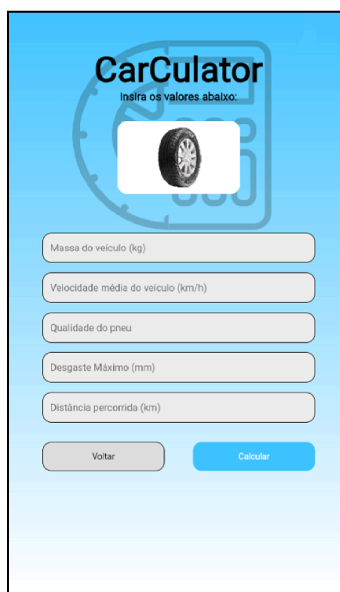


Figura 15. Tela de preenchimento de parâmetros da peça. Fonte: elaborado pelo autor.

Os cálculos são usados na classe “CalculoDesgaste”, como representado na Figura 16. Como pode ser observado, as equações mencionadas anteriormente foram distribuídas entre três métodos, “calculaForcaHorizontal”, “calculaDesgasteMilimetros” e “porcentagemVidaUtilRemanescente”. O valor final obtido através dos cálculos é armazenado em uma variável, que posteriormente é utilizada na tela de resultados.

```

class CalculoDesgaste {
    late double massa, aceleracao, qualidadePneu, forcaY = 891, semanas = 1, distanciaPercorrida, desgasteMaximo;

    double calculaForcaHorizontal() {
        _checkInitialization();
        return massa * aceleracao;
    }

    double calculaDesgasteMilimetros() {
        _checkInitialization();
        double forcaX = calculaForcaHorizontal();
        return qualidadePneu * (forcaX.abs() + forcaY.abs()) * distanciaPercorrida;
    }

    double porcentagemVidaUtilRemanescente() {
        _checkInitialization();
        double desgastePneuPorcentagem= (calculaDesgasteMilimetros() / desgasteMaximo) * 100;

        double valorFinal = 100 - desgastePneuPorcentagem;
        double divisaoContaFinal = desgastePneuPorcentagem / semanas;
        double resultado = valorFinal / divisaoContaFinal;

        resultado = double.parse(resultado.toStringAsFixed(2));
        return resultado.abs();
    }
}

```

Figura 16. Código correspondente a classe CalculoDesgaste. Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.4 Página com a estimativa da saúde da peça

A tela evidenciada na Figura 17 é responsável por mostrar a porcentagem estimada da saúde da peça, além de disponibilizar dicas, como a calibragem correta do pneu, distância percorrida com a peça até que seja necessário o rodízio e, por último, o alinhamento do veículo, instruções para preservar a peça. As orientações de cuidados com a peça foram retiradas da revista digital Quatro Rodas: “Como fazer seus pneus durarem mais?” (PONCIANO, 2015).

5.5.5 Tela com histórico de cálculos

O histórico de cálculos realizados pelo usuário pode ser visualizado a partir da tela de produtos (Figura 14). Nesta tela, o usuário pode clicar no ícone do menu de navegação, onde estão disponibilizadas as funções de acesso ao histórico de cálculos ou *checkout* do aplicativo, ilustrado na Figura 18(a). Ao selecionar a opção “Histórico de cálculos”, o usuário é direcionado para a tela de histórico, Figura 18(b), deparando-se com os resultados das simulações feitas anteriormente.

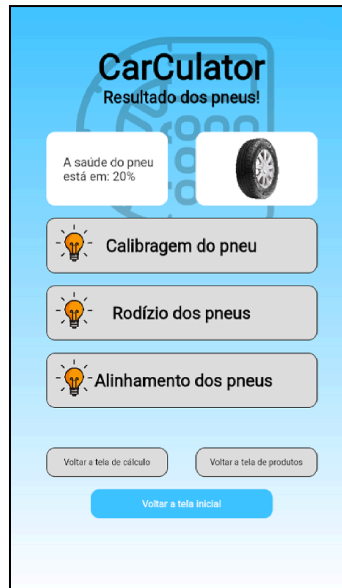
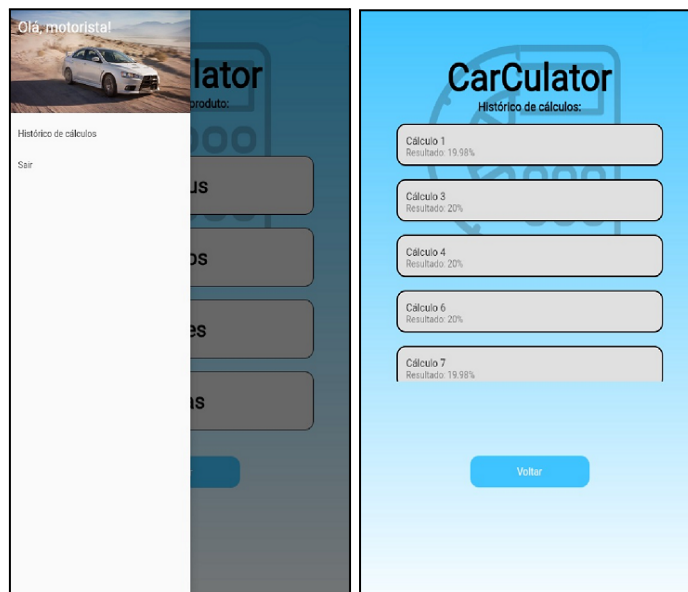


Figura 17. Tela de apresentação do resultado e dicas de preservação da peça. Fonte: elaborado pelo autor.



(a)

(b)

Figura 18. (a) Aba do menu de navegação do usuário e (b) tela do histórico de cálculos realizados pelo usuário. Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.6 Desenvolvimento da API

Para realizar a integração do *front-end* do aplicativo com o Banco de Dados, foi desenvolvida uma *API* que permite a realização de troca de informações entre os sistemas (FERNANDES, 2018). A implementação da API segue a arquitetura REST (*Representational State Transfer*) e realiza as chamadas usando o protocolo HTTP (*HyperText Transference Protocol*), essas que são responsáveis por realizar operações no banco, tais como a seleção de dados e a

inserção de valores. A Tabela 3 exibe as rotas implementadas e uma breve descrição de sua funcionalidade.

Tabela 3. Chamadas codificadas na API. Fonte: elaborado pelo autor.

URI	Método HTTP	Objetivo
/login	GET	Autenticar no aplicativo.
/inserir_usuario	POST	Inserir dados do usuário no Banco ao se cadastrar.
/inserir_historico	POST	Inserir no Banco valores usados para o cálculo da vida útil restante da peça.
/historico_usuario	GET	Listar histórico de cálculos realizados pelo usuário autenticado.

7. Conclusão

Dado o crescente número de dispositivos móveis no Brasil nos últimos anos, além das vantagens da manutenção preventiva em comparação a corretiva, foi desenvolvido, de forma parcial, o aplicativo móvel CarCulator. O objetivo é auxiliar todos aqueles que não tenham conhecimento técnico automobilístico e queiram estimar a porcentagem da saúde restante de peças automotivas.

Dessa forma, através da metodologia estabelecida, foram analisadas ferramentas similares, como o Drivvo, Carango e Meu Possante, a fim de apoiar o levantamento de requisitos para o atual trabalho. Após a análise dos aplicativos, a plataforma Miro foi usada para organização das ideias obtidas através de um *brainstorming*. Posterior ao estabelecimento dos requisitos, foi construído o diagrama de fluxo de navegação de usuário usando a plataforma draw.io. Com o fluxo determinado, sucedeu-se o desenho de protótipos de média fidelidade, de forma que houvesse um modelo de orientação durante a etapa de desenvolvimento subsequente.

O desenvolvimento iniciou-se com a estruturação de um diagrama entidade-relacionamento, cujo papel foi imprescindível na concepção do banco de dados. Posteriormente, as interfaces do aplicativo foram feitas usando o *framework* Flutter, a linguagem de programação empregada para implementação da lógica foi Dart e ambos foram integrados e desenvolvidos por meio da IDE Android Studio. Para estabelecer a comunicação entre o aplicativo e o banco de dados, foi desenvolvida uma API (*Application Programming Interface*) em NodeJS, proporcionando uma interação eficaz entre *front-end* e *back-end*. Ademais, para a estimativa da porcentagem de vida útil remanescente dos componentes automotivos foram usadas equações matemáticas fundamentadas no artigo *Modeling and Prediction of Remaining Useful Lifetime for Maintenance Scheduling Optimization of a Car Fleet* (NGUYEN *et al.*, 2019).

Porém, a aplicação das equações requer conhecimento em disciplinas extracurriculares, como Física 1, dado que para o cálculo de variáveis como a força horizontal são levados em consideração diversos fatores, como o atrito da superfície do pneu com a superfície do solo, que pode variar de acordo com o terreno navegado pelo usuário do veículo. Além disso, alguns valores podem variar de acordo com o modelo do carro, marca do produto, entre outros diversos fatores que podem influenciar diretamente o resultado final, por isso, foi desenvolvido apenas o cálculo da porcentagem da saúde do pneu.

Para o desenvolvimento deste projeto, aplicaram-se conhecimentos obtidos através de algumas disciplinas abordadas durante o decorrer do curso, como: Banco de Dados, Linguagem de Programação, Programação Orientada a Objetos, Programação Para Dispositivos Móveis, Engenharia de Software e Interação Humano-Computador. Houveram também conhecimentos adquiridos não abordados no curso, tais como NodeJS, Flutter e Dart.

Ainda no âmbito deste estudo, foram identificadas algumas oportunidades que, por questões de escopo e tempo, não puderam ser exploradas. Para futuras pesquisas e trabalhos, podem ser desenvolvidos e aplicados os cálculos da saúde de outras peças automotivas, como os freios e o próprio motor, equações essas que também estão disponíveis no artigo anteriormente mencionado. Além disso, há a possibilidade de explorar funcionalidades como a alteração da senha via e-mail, e a disponibilização de relatórios baseados no histórico de cálculos do usuário.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. Documento Nacional. **Situação da Manutenção no Brasil**. 2023. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional> . Acesso em: 30 de mar. 2023.

AGUIAR, Yuska Paola Costa. **SMILE - uma ferramenta para geração automática, edição e simulação de protótipos de interface do usuário**. 2007. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Centro de Engenharia Elétrica e Informática - Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2007. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/7410>. Acesso em: 29 mai. 2023.

ANATEL, Agência nacional de Telecomunicações; **Panorama Setorial de Telecomunicações**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/search?SearchableText=quantidade%20celulares%20no%20brasil> . Acesso em: 01 jun. 2023.

APPLE. **Seus dados de saúde**. Dados para mais ninguém, 2023. Disponível em: <https://www.apple.com/br/ios/health/> . Acesso em: 14 jun. 2023.

CARANGO. Carango - Gerencie Seu Veículo - Apps no Google Play, 2023. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.carango> . Acesso em: 24 mai. 2023.

COHN, Mike. **User Stories Applied: For Agile Software Development**, 2004. Editora Addison-Wesley Professional, 304 p. (Coleção Addison-Wesley Signature Series).

DARIO, Marcos. **Práticas, indicadores e custos na gestão de pneus: estudo em uma empresa de transportes**, 2012. 104 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração), Faculdade de Gestão e Negócios - Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2012.

DE OLIVEIRA, Leandro Ramos; MEDINA, Roseclea Duarte. Desenvolvimento de objetos de aprendizagem para dispositivos móveis: uma nova abordagem que contribui para a educação. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, n. 1, 2007.

DRIVVO. **Drivvo App**: como você gerencia o seu veículo ou a sua frota?, 2023. Disponível em: <https://www.drivvo.com/pt-BR> . Acesso em: 29 mar. 2023.

ESTEVES, Rodrigo. **O brainstorm eficaz: como gerar ideias com mais eficiência**. 2ª Edição. Silvia Cesar Ribeiro Editora e Importadora ME, 2017.

FERNANDES, André. **O que é API?** Entenda de uma maneira simples. Vertigo, 2018. Disponível em: <https://vertigo.com.br/o-que-e-api-entenda-de-uma-maneira-simples/> . Acesso em: 30 nov. 2023.

FIGMA. **Figma**: Nothing great is made alone, 2023. Disponível em: <https://www.figma.com/> . Acesso em: 14 jun. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informações atualizadas sobre tecnologias da informação e comunicação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/21581-informacoes-atualizadas-sobre-tecnologias-da-informacao-e-comunicacao.html>. Acesso em: 29 mar. 2023.

JUN, Lin; HAN, Yu; ZHIQI, Shen; CHUNYAN, Miao. **Using goal net to model user stories in agile software development**. 15th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), Las Vegas, NV, EUA, 2014, pp. 1-6, doi: 10.1109/SNPD.2014.6888731.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

LEE, Valentino; SCHNEIDER, Heather; SCHELL, Robbie. **Aplicações móveis**: Arquitetura, projeto e desenvolvimento. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005.

LEVISON, Mark. **Definition of done vs. user stories vs. acceptance criteria**, 2017. Disponível em: <https://agilepainrelief.com/blog/definition-of-done-user-stories-acceptance-criteria.html> . Acesso em: 31 mar. 2023.

MACEDO, Bruno da Silva; BARBOSA, Leonardo Geraldo; MARTINS, Silvanderson dos Santos; CORRÊA, Breno Martins da Costa e Souza; MAGELA, Thiago Rodrigues Dias (2018). **Meu Possante**: Sistema web para Gerenciamento de Gastos de Carros e Motocicletas. Curso Técnico em Informática para Internet – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET – MG). Disponível em: <https://www.digddv.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/52/2018/02/Meu-Possante.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2023.

MIRO. **Miro**: Onde times produzem resultados, 2023. Disponível em: <https://miro.com/pt/> . Acesso em: 13 jun. 2023.

NGUYEN, Duc Van; LIMMER, Steffen; YANG, Kaifeng; OLHOFFER, Markus; BÄCK, Thomas. Modeling and Prediction of Remaining Useful Lifetime for Maintenance

- Scheduling Optimization of a Car Fleet [J]. **Int J Performability Eng**, vol. 15, 2019, pp. 2318-2328. Disponível em: <http://www.ijpe-online.com/EN/Y2019/V15/I9/2318>. Acesso em: 13 set. 2023.
- OLIVEIRA, Daniele Carvalho. **MNLAC**: uma proposta de modelagem de fluxo de navegação baseada em lógica modal. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12515>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- OLIVEIRA, Matheus Nepomuceno; CINTRA, Nathália Cedro; GOMES, Fábio Souza. **Comparativo Automobilístico**: Manutenção Preventiva e Corretiva. Anais do SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIAS E ENGENHARIAS (SINACEN), 2022. 2-8 p.
- ONAHARA, Edson Yassuo. **Manutenção Automotiva Preventiva**: na ótica do proprietário da oficina. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis), Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019. 10 p.
- OTANI, Mário; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, vol.4, n.2, 2008.
- POSTGRES. **PostgreSQL**: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. 2023. Disponível em: <https://postgresql.org> . Acesso em: 29 mar. 2023.
- RAHARJANA, Indra Kharisma; SIAHAAN, Daniel; FATICHAH, Chastine: User Stories and Natural Language Processing: A Systematic Literature Review. **IEEE Access**, vol. 9, pp. 53811-53826, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3070606. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9393933>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- SEMEDO, Maria João Moreno. **Ganhos de produtividade e de sucesso de Metodologias Ágeis VS Metodologias em Cascata no desenvolvimento de projectos de software**. 2012. Tese (Mestrado em Engenharia Informática e Sistemas de Informação) - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Lisboa, p. 34. 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10437/6174>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- SILVA, Fransérgio Aparecido de Souza; PRADO, Ely Fernando do. Análise teórica sobre o desenvolvimento de aplicativos nativos, híbridos e webapps. **Revista EduFatec**: educação, tecnologia e gestão, Franca, v.2, n.1, p. 1-18 – jan./jun. 2019. Disponível em: <https://revistaedufatec.fatecfranca.edu.br/wp-content/uploads/2019/09/AN%C3%81LISE-TE%C3%93RICA-SOBRE-O-DESENVOLVIMENTO-DE-APLICATIVOS-NATIVOS-H%C3%84BRIDOS-E-WEBAPPS.pdf> . Acesso em: 24 mai. 2023.
- SILVA, Mário Lucas Santana; CONCEIÇÃO, Isac Leite da; FRANÇA, Wallace Azevedo; LOPES, Lucas Azevedo da Silva. A Importância da Manutenção em Motores Diesel. **Perspectivas Online**: Exatas & Engenharia. Campos dos Goytacazes, Vol 3, n. 7, p. 54-61, 2013.
- WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total**: Um Modelo Adaptado. 1997. 124 p. Tese (Mestrado em Engenharia), Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

Documento Digitalizado Público

TCC - Anexo I

Assunto: TCC - Anexo I
Assinado por: Andre Constantino
Tipo do Documento: Relatório
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Documento Digital

Documento assinado eletronicamente por:

- Andre Constantino da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/03/2024 18:05:33.

Este documento foi armazenado no SUAP em 10/03/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1605993

Código de Autenticação: 2cc7426e28

