

VAGA FÁCIL: SISTEMA EMBARCADO PARA GERENCIAMENTO DE ESTACIONAMENTOS

COELHO, Elder Júlio [1]
CARVALHO, Isabela Dos Santos [2]
FERREIRA, Thiago dos Reis Martins [3]
RAMOS, Celso de Ávila [4]

Autor para correspondência:

Elder Júlio Coelho

Universidade Prof. Edson Antônio Velano - Unifenas

Endereço eletrônico: elder.coelho@aluno.unifenas.br

RESUMO

Este artigo ocupa-se em dissertar no que se refere à progressiva problemática da mobilidade urbana no Brasil, destacando o considerável acréscimo da frota de automóveis no desenrolar da elevada procura por novos veículos nas grandes cidades. O estudo propõe uma solução funcional para otimizar a busca por vagas de estacionamento, dispondo-se a reduzir o tempo despendido nesse processo, uma vez que diversos indivíduos investem considerável duração e esforço na busca por um local, frequentemente desistindo a pretexto da escassez de vagas. Essa realidade não apenas gera frustração para os condutores, mas também contribui para o incremento do tráfego e da poluição, à medida que os veículos continuam circulando em busca de um espaço para estacionar. A pesquisa aborda ainda a intensificação dessas contrariedades durante eventos de massa e horários de pico, apresentando uma abordagem abrangente para melhorar a eficiência na gestão do estacionamento urbano, contribuindo assim para a melhoria da mobilidade e qualidade de vida nas cidades brasileiras. Diante desse cenário, o estudo propõe uma solução rápida e precisa alicerçada no conceito de disponibilidade de vagas em determinados espaços públicos e privados. A abordagem central consiste no desenvolvimento de uma aplicação modelada sob o framework de desenvolvimento Flutter, capaz de detectar e exibir em tempo real as vagas disponíveis, com base em sensores integrados à plataforma ESP8266 NodeMCU posicionados nas mesmas, cujos dados relativos à "vaga livre" e "vaga ocupada" seriam apresentados em uma tela do aplicativo móvel, consoante à informação armazenada no banco de dados Firebase Realtime Database em conexão com os sensores ultrassônicos.

ABSTRACT

This article deals with the progressive problem of urban mobility in Brazil, highlighting the considerable increase in the car fleet as a result of the high demand for new vehicles in large cities. The study proposes a functional solution to optimize the search for parking spaces, aiming to reduce the time spent in this process, since many individuals invest considerable time and effort in the search for a place, often giving up on the pretext of a shortage of spaces. This reality not only creates frustration for drivers, but also contributes to an increase in traffic and pollution, as vehicles continue to circulate in search of a parking space. The research also addresses the intensification of these setbacks during mass events and peak hours, presenting a comprehensive approach to improving efficiency in urban parking management, thus contributing to improving mobility and quality of life in Brazilian cities. Given this scenario, the study proposes a fast and accurate solution based on the concept of parking space availability in certain public and private spaces. The central approach consists of developing an application modeled on the Flutter development framework, capable of detecting and displaying available parking spaces in

real time, based on sensors integrated into the ESP8266 NodeMCU platform positioned in those spaces, whose data relating to "free parking space" and "occupied parking space" would be displayed on a mobile application screen, in line with the information stored in the Firebase Realtime Database in connection with the ultrasonic sensors.

Palavras-chave: Estacionamento Inteligente, Monitoramento de Vagas de Estacionamento, Flutter Framework, Linguagem Dart, Banco de Dados em Tempo Real.

Keywords: Smart Parking, Parking Space Monitoring, Flutter Framework, Dart Language, Real-Time Database.

1 INTRODUÇÃO

No momento atual, em virtude do crescimento expressivo da quantidade de veículos em circulação, estimulado pela alta demanda na aquisição de novos automóveis, uma realidade evidente nas grandes cidades do Brasil, conforme informações da Associação Nacional dos Detrans [1], o país registra a presença de um carro para cada 4,4 habitantes. Esse cenário tem desencadeado uma série de impactos adversos, incluindo o aumento da poluição, o agravamento dos congestionamentos de trânsito, a persistente dificuldade em encontrar espaços para estacionamento, entre outros desafios respectivos mediante o exposto. Tais efeitos acentuam-se durante eventos de grande porte, como partidas de futebol, espetáculos, idas a centros comerciais e, especialmente, nos horários de pico, coincidindo com o início ou término das jornadas de trabalho [2]. Diante desse contexto, o presente estudo propõe uma solução voltada à localização de vagas de estacionamento para veículos, com o objetivo de minimizar o tempo despendido nessa busca.

1.1 ESTACIONAMENTOS INTELIGENTES

Também chamado de Smart Parking, o estacionamento inteligente é um formato inovador de estacionamento que vem sendo utilizado como uma boa solução para a mobilidade urbana, ao incluir mais vagas de estacionamento e a facilitar a busca por elas por meio da tecnologia ao alcance das mãos [4].

Um estacionamento inteligente possui equipamentos ágeis e funcionais, que suportam um fluxo intenso e não apresentam falhas constantes. Além disso, uma automação de qualidade, disponibiliza soluções para não gerar filas [4].

1.2 SISTEMAS EMBARCADOS

O Sistema Embarcado é caracterizado pela interação entre hardware e software, cujo seu funcionamento deve acontecer sem a interação humana [5]. Está presente em diversos segmentos na sociedade e diariamente

surtem novos projetos utilizando esta aplicação. Com isso, aumenta também a utilização e a importância de hardware, software e interface, baseados na Internet das Coisas (IoT - Inglês Internet of Things), que tem como princípio básico interligar equipamentos que funcionem com eletricidade [5]. O desenvolvimento da Internet das Coisas possibilita cada vez mais o desenvolvimento de cidades inteligentes, que consistem em cidades que utilizam a informação, comunicação e outros meios para melhorar a qualidade de vida, a eficiência e competitividade das atividades e serviços da cidade, garantindo a satisfação de necessidades. As gerações atuais e futuras se encontram em aspectos econômicos, sociais e ambientais [6]. Sistemas integrados que se comunicam com a Internet podem resolver ou minimizar muitos dos problemas da cidade, como congestionamento de trânsito, segurança em vias movimentadas, dificuldades na atribuição de vagas de estacionamento, entre outros, permitindo que essa cidade se torne mais inteligente e mais desenvolvida economicamente.

1.3 INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet. A conexão com a rede mundial de computadores viabiliza, primeiro, controlar remotamente os objetos e, segundo, permitir que os próprios objetos sejam acessados como provedores de serviços. Estas novas habilidades, dos objetos comuns, geram um grande número de oportunidades tanto no âmbito acadêmico quanto no industrial. Todavia, estas possibilidades apresentam riscos e acarretam amplos desafios técnicos e sociais.

A IoT tem alterado aos poucos o conceito de redes de computadores, neste sentido, é possível notar a evolução do conceito ao longo do tempo como mostrado a seguir. Para Tanenbaum [7], “Rede de Computadores é um conjunto de computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia”. Entende-se que tal tecnologia de conexão pode ser de diferentes tipos (fios de cobre, fibra óptica, ondas eletromagnéticas ou outras). Em 2011, Peterson definiu em [8] que a principal característica das Redes de Computadores é a sua generalidade, isto é, elas são construídas sobre dispositivos de propósito geral e não são otimizadas para fins específicos tais como as redes de telefonia e TV. Já em [9], os autores argumentam que o termo “Redes de Computadores” começa a soar um tanto envelhecido devido à grande quantidade de equipamentos e tecnologias não tradicionais que são usadas na Internet. Os objetos inteligentes, definidos mais adiante, possuem papel fundamental na evolução acima mencionada. Isto porque os objetos possuem capacidade de comunicação e processamento aliados a sensores, os quais transformam a utilidade destes objetos. Atualmente, não só computadores convencionais estão conectados à grande rede, como também uma grande heterogeneidade de equipamentos tais como TVs, Laptops, automóveis, smartphones, consoles de jogos, webcams e a lista aumenta a cada dia. Neste novo cenário, a pluralidade é crescente

e previsões indicam que mais de 40 bilhões de dispositivos estarão conectados até 2020. Usando os recursos desses objetos será possível detectar seu contexto, controlá-lo, viabilizar troca de informações uns com os outros, acessar serviços da Internet e interagir com pessoas. Concomitantemente, uma gama de novas possibilidades de aplicações surge (ex: cidades inteligentes (Smart Cities), saúde (Healthcare), casas inteligentes (Smart Home) e desafios emergem (regulamentações, segurança, padronizações). É importante notar que um dos elementos cruciais para o sucesso da IoT encontra-se na padronização das tecnologias. Isto permitirá que a heterogeneidade de dispositivos conectados à Internet cresça, tornando a IoT uma realidade. Também é essencial frisar que nos últimos meses e nos próximos anos serão vivenciados os principais momentos da IoT, no que tange às definições dos blocos básicos de construção da IoT. Em 2012, foi previsto que a IoT levaria entre cinco e dez anos para ser adotada pelo mercado e, hoje, é vivenciado o maior pico de expectativas sobre a tecnologia no âmbito acadêmico e industrial. Também pode-se notar o surgimento das primeiras plataformas de IoT, que têm gerado uma grande expectativa de seu uso. Estes fatos certamente servem de incentivo para despertar a curiosidade do leitor para a área, bem como indicam o motivo do interesse da comunidade científica e industrial para a IoT.

1.4 PROTOCOLOS PARA INTERNET DAS COISAS

RSSF foi objeto de grande análise por pesquisadores tanto da academia quanto da indústria nos últimos anos. A interconexão entre as RSSF e a Internet foi uma evolução natural. Entretanto, o uso dos protocolos da Internet (arquitetura TCP/IP), sem modificações, é impraticável nos dispositivos com recursos limitados, os quais são comuns na IoT. Para alcançar as demandas da IoT por escalabilidade e robustez, a experiência em RSSF mostra que são necessários algoritmos e protocolos especializados como, por exemplo, protocolos que viabilizem processamento ao longo da rede (in-network processing) [10] para mitigar as restrições impostas pelos dispositivos e prover escalabilidade e eficiência. Por outro lado, a arquitetura fim-a-fim da Internet não foi planejada para essas exigências (e.g., dezenas de milhares de dispositivos em uma única sub-rede e limitações de energia). Portanto, tal arquitetura necessita de ajustes para comportar essas novas demandas. As RSSF e sua evolução, a IoT, cresceram em um ambiente com maior liberdade de desenvolvimento do que a Internet como, por exemplo, a questão de compatibilidade. Diante desta autonomia diversas ideias surgiram tanto do ponto de vista de software quanto de hardware. Entretanto, muitas dessas ideias não avançaram, pois não eram completamente interoperáveis com a arquitetura TCP/IP da Internet. Essas novas ideias, que não empregam a arquitetura da Internet, foram obrigadas a usar um gateway para trocar informações entre os objetos inteligentes e elementos na Internet. A implementação de um gateway é, em geral, complexa e o seu gerenciamento é complicado, pois além de realizarem funções de tradução, devem tratar da semântica de serviços para a camada de aplicação. A complexidade destas funções torna o gateway um gargalo para a IoT em dois sentidos. No primeiro, toda informação de e para a rede de objetos inteligentes transita através do gateway. No segundo, a lógica de operação da Internet diz que a inteligência do sistema deve ficar nas pontas [Saltzer et al. 1984], porém com o emprego dos gateways a inteligência da IoT fica

no meio da rede, o que contradiz com os princípios da arquitetura da Internet. Para tratar desses problemas a Internet Engineering Task Force (IETF) criou dois grupos para gerenciar, padronizar e levantar os requisitos para as redes de baixa potência (Low-Power and Lossy Networks (LLN)) relacionadas a seguir: 6LoWPAN: o IPv6 in Low-Power Wireless Personal Area Networks Working Group ficou responsável por padronizar o Internet Protocol version 6 (IPv6) para redes que fazem uso de rádios sobre o padrão IEEE 802.15.4 que, por sua vez, especifica as regras das camadas mais baixas (enlace e física) para redes sem fio pessoais de baixas potências de transmissão. RoLL: o Routing over Low-Power and Lossy Links Working Group ficou responsável por padronizar o protocolo de roteamento que utilizará o IPv6 em dispositivos com limitações de recursos. O grupo já definiu o protocolo: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks (RPL). Esse protocolo representa o estado-da-arte em roteamento para IoT, o qual constrói uma topologia robusta para comunicação na Internet das Coisas. A arquitetura para IoT para conectar bilhões de objetos inteligentes à Internet, deve-se ter uma arquitetura flexível. Na literatura, temos uma variedade de propostas de arquiteturas sofisticadas, que se baseiam nas necessidades da academia e indústria. O modelo básico de arquitetura apresenta três camadas, a primeira camada é a de objetos inteligentes ou camada de percepção. Esta camada representa os objetos físicos, os quais utilizam sensores para coletar e processar informações. Na camada de rede, as abstrações das tecnologias de comunicação, serviços de gerenciamento, roteamento e identificação que devem ser realizadas. Logo acima, encontra-se a camada de aplicação, a qual é responsável por prover serviços para os clientes. A arquitetura para IoT, protocolo IPv4 foi o padrão utilizado para endereçar os dispositivos em rede e criar a “cola” da Internet, para estar conectado à Internet era necessário ter o protocolo IP. No entanto, não se imaginou que a Internet cresceria e poderia ter dezenas de milhares de pontos finais em uma única sub-rede, tal como agora é previsto para a IoT. O crescimento da rede mundial de computadores levou ao esgotamento de endereços IPv4 disponíveis. Isto mostrou que o IPv4 não era escalável o suficiente para atender a demanda da IoT. O IPv6 é uma abordagem mais eficaz para solucionar a escassez de endereços IPv4. Os 32 bits alocados originalmente para o protocolo IPv4 foram expandidos para 128 bits, aumentando imensamente a quantidade de dispositivos endereçáveis na Internet. Na IoT, os elementos da rede são endereçados unicamente usando o IPv6 e, geralmente, têm o objetivo de enviar pequenas quantidades de dados obtidos pelos dispositivos. Contudo, o IPv6 tem um tamanho de pacote maior que o tamanho do quadro dos protocolos usados pelos dispositivos na IoT (o pacote IPv6 é transmitido dentro da área de dados do quadro do protocolo de acesso ao meio). Por exemplo, o padrão IEEE 802.15.4, usado para acesso ao meio físico de comunicação, limita os pacotes a 128 bytes. Para resolver esse problema, a IETF criou o 6LoWPAN [11].

1.5 MÓDULO ESP8266 NODEMCU

O módulo ESP8266 é um micro controlador da empresa Espressif [12] que trata-se basicamente de um WiFi-SOC, ou seja, ele possui a capacidade de se conectar a uma rede WiFi, pode atuar como uma aplicação stand-alone, onde ele não precisa de nenhum outro componente para funcionar, ou como um servidor escravo MCU

(Microcontroller Unit, Unidade de microcontrolador). Na segunda condição ele funciona como um adaptador WiFi para outro micro controlador, como por exemplo o arduino; importante ressaltar que normalmente neste tipo de condição, é necessário utilizar adaptadores do tipo SPI (Serial Peripheral Interface, Interface periférica serial) ou UART (Universal asynchronous receiver/transmitter, Receptor/Transmissor assíncrono universal). Em operação o ESP8266 pode funcionar em duas configurações, são elas: access point e client. Na primeira configuração, ele funciona basicamente como um roteador, criando uma rede WiFi restrita por login e senha. Neste modo o ESP8266 cria um servidor com IP (Internet Protocol, Protocolo de internet) aleatório ou pré-definido, dependendo da programação realizada, este servidor pode conter uma página web com informações dos componentes ligados ao ESP8266. Como client, ele estabelece uma conexão com a rede WiFi escolhida, uma vez conectado também cria um servidor e todos os dispositivos conectados na mesma rede WiFi que o ESP8266 têm acesso a este servidor pelo endereço de IP. Este servidor também pode conter uma página web e seu IP também pode ser aleatório ou predefinido na programação. Ainda é possível realizar uma terceira configuração e fazer o ESP8266 trabalhar simultaneamente como access point e client [11]. Este sistema de aquisição de dados opera na configuração client, para que fosse possível a utilização de uma plataforma IoT para a transmissão dos dados, e além disso utiliza na verdade o módulo ESP8266-12 acoplado ao micro controlador NodeMCU V3.

Este módulo, que pode ser visto na Figura 1, possui um tamanho reduzido e um custo razoável, quando comparado a outros adaptadores de WiFi, possui um protocolo WiFi de comunicação 802.11 b/g/n/e/i, que permite um alcance de até 120 m em local aberto.

O micro controlador NodeMCU surgiu para facilitar a construção de projetos utilizando o ESP8266, pois apresenta um regulador de tensão de 3,3 V (tensão de operação do ESP8266), e com ele não é mais necessário a utilização de outros componentes como adaptadores SPI e UART para realizar a conexão. Ele surgiu logo após o lançamento do ESP8266, sendo lançado com o intuito de ser uma placa para desenvolvimento de projetos de caráter IoT. Outra grande vantagem deve-se ao fato de apresentar uma interface USB-serial acoplada, o que facilita tanto a parte de alimentação do micro controlador, que pode ser realizada através de um carregador de celular, como a parte de transmissão do programa escrito do computador para a placa. Vale lembrar que o NodeMCU pode ser programado através de scripts escritos na linguagem LUA, ou pode ser programado através da linguagem C++, pela própria plataforma do arduino, como foi realizado neste projeto [11]. Dentre suas características físicas, que podem ser observadas na Figura 3, ele possui uma faixa de operação entre 5 e 9 V, isto permite a utilização de por exemplo uma bateria alcalina de 9 V para alimentação do micro controlador. Além disso possui um total de 11 portas GPIO (General Purpose Input/Output, Porta de entrada / saída de propósito geral), as quais podem ser utilizadas para conectar sensores ou outros dispositivos externos.

1.6 APLICATIVOS MÓVEIS E INTERNET DAS COISAS

Wi-Fi: É um conjunto de especificações para redes locais sem fio (WLAN - Wireless Local Area Network) baseado no padrão IEEE 802.11. O nome Wi-Fi é tido como uma abreviatura do termo inglês "Wireless Fidelity", embora a Wi-Fi Alliance, entidade responsável principalmente pelo licenciamento de produtos baseados na tecnologia, nunca tenha afirmado tal conclusão. A referida tecnologia foi utilizada por possibilitar a comunicação e conexão sem fio entre computadores e outros dispositivos compatíveis na rede, como notebooks, tablets e smartphones, que estejam próximos geograficamente. Neste projeto ela é o meio de comunicação que possibilita a conexão sem fio e envio de mensagens entre o aplicativo desenvolvido e a central de controle, por não utilizar cabos permitirá ao usuário controlar as funcionalidades do sistema de qualquer ponto dentro dos limites de alcance da transmissão de radiofrequência. A flexibilidade do Wi-Fi é tão grande que se tornou viável a implementação de redes que fazem uso desta tecnologia nos mais variados lugares.

Com o advento da comunicação via smartphones, aparelho este que é praticamente um computador móvel, miniaturizado, temos o controle de muitas coisas no nosso dia a dia, como a verificação de câmeras em CFTV, acompanhamento de geração de energia em sistemas fotovoltaicos, controle de aparelhos de tv, ar condicionado, lâmpadas, dentre os mais diversos tipos de aplicação em nossos lares, diariamente temos acesso a muitos conteúdos, por meio dos aplicativos, como notícias, jogos, compras, é uma infinidade de aplicações em ritmo acelerado de geração e criação de novos conteúdos e ferramentas, que nos acompanham na palma da mão.

1.7 TÉCNOLOGIA FLUTTER

Flutter é um Framework Open-source criado pelo Google, pelo qual é possível a obtenção do desenvolvimento de aplicativos móveis para Android e iOS. Como linguagem base, utiliza o Dart, a principal linguagem de desenvolvimento, criada em 2011 e também mantida pela Google.

Ao criar um aplicativo em Flutter, o código é compilado para a linguagem base do dispositivo, em suma, as aplicações são realmente nativas, motivo pelo qual conseguem acessar recursos do dispositivo sem a “ajuda” de terceiros e com o maior desempenho [13]. Flutter é um framework de código aberto desenvolvido pelo Google para a criação de interfaces de usuário para aplicativos móveis e web.

Características Principais do Flutter, destaca-se pela capacidade de desenvolver aplicativos nativos para múltiplas plataformas (iOS, Android, web, etc.) a partir de uma única base de código. Com a linguagem Dart de programação utilizada no Flutter, otimizada para construção de interfaces de usuário e construção rápida. Tudo no Flutter é um widget, desde elementos de layout até elementos interativos. Dentre as suas vantagens, destacam-se o desempenho, compilado para código nativo, o que proporciona alto desempenho. Hot Reload que facilita o desenvolvimento e a iteração rápida e a mesma conta com comunidade e suporte amplos, além de atualização constante pelo Google.

Firestore é um banco de dados NoSQL flexível e escalável para desenvolvimento móvel e web, parte do Firebase, também do Google. As características principais são o armazenamento em tempo real e sincronização de dados para aplicativos colaborativos e interativos. Modelo de Dados baseado em documentos e coleções, com escalabilidade, sendo adequado para aplicações de todos os tamanhos, com escalabilidade automática, facilidade de integração com outros serviços do Firebase, como autenticação e análises. Dentre algumas vantagens do Flutter, destaca se:

- Sincronização em Tempo Real: Ideal para aplicações que realizam atualizações constantes.
- Segurança: Suporta regras de segurança robustas para proteção de dados.
- Facilidade de uso: Interfaces de usuário simplificadas e integração fácil com o Flutter.
- Integração entre Flutter e Firestore
- Autenticação de usuários: Utilizando o Firebase Authentication em conjunto com o Firestore para gerenciar usuários.

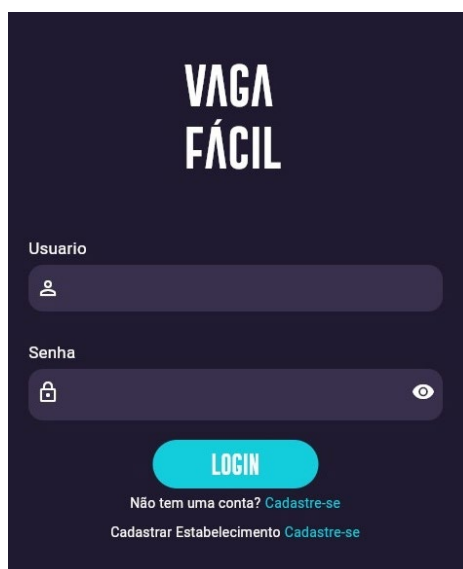
O mesmo conta com Integração Nativa, o Flutter se integra naturalmente ao Firestore, permitindo o desenvolvimento de aplicações ricas e interativas, ideal para aplicações que ocorrem frequentemente de armazenamento de dados em tempo real, como chat, jogos online e aplicativos colaborativos.

2 METODOLOGIA

Foi desenvolvida uma plataforma administrativa em Flutter para o gerenciamento do estacionamento, com banco de dados Firebase. Esta plataforma é utilizada pelo gestor do estacionamento. Com esta ferramenta ele tem o acesso completo aos dados de reservas realizadas, bem como o percentual de ocupação de vagas, os dias e horários de pico, os dados dos usuários para realizar uma promoção ou até mesmo, bonificação de seus clientes.

Foi desenvolvida uma aplicação para dispositivos móveis, a qual foi utilizada pelo usuário final ou cliente dos estacionamentos, a mesma foi desenvolvida utilizando o Flutter com banco de dados Firebase, o usuário efetua login no aplicativo e ao selecionar o estabelecimento, foram apresentadas as vagas disponíveis no local desejado, pois tendo em vista que a aplicação poderia ser utilizada em diversos estabelecimentos, ele buscou em qual deles desejava estacionar seu veículo, se ele é um cliente VIP ou não, tendo a prerrogativa de que se o mesmo for um cliente VIP e paga por um serviço Premium, pode reservar a sua vaga, mas para tanto, pagou um extra pela comodidade, novamente pensando na questão de praticidade e facilidade, não perdendo tempo e nem tendo que se preocupar com a procura de vagas, O mesmo pode ser um mensalista ou até mesmo reservar a vaga de um estacionamento por um tempo maior, no caso de um estacionamento por diária, semana ou mês.

Na figura 1 são apresentadas as telas iniciais do Aplicativo Móvel:



Fonte: Elaborado pelos autores, (2022).

A premissa inicial foi desenvolver o projeto em uma maquete, com o propósito de validar o modelo de aplicação. Para alcançar este objetivo, foi desenvolvido um sistema embarcado para gerenciamento de vagas, utilizando os recursos da plataforma Arduino, Conforme [3] Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas – luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter – e transformá-las em uma saída – ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Você pode dizer à sua placa o que fazer enviando um conjunto de instruções ao micro controlador da placa. Para isso utiliza-se a linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring), e o Software Arduino (IDE), baseado em Processing. Ao longo dos anos, o Arduino tem sido o cérebro de milhares de projetos, desde objetos do cotidiano até instrumentos científicos complexos. Uma comunidade mundial de criadores - estudantes, amadores, artistas, programadores e profissionais - reuniu-se em torno desta plataforma de código aberto, e as suas contribuições somaram-se a uma quantidade incrível de conhecimento acessível que pode ser de grande ajuda tanto para novatos como para especialistas. O Arduino nasceu no Ivrea Interaction Design Institute como uma ferramenta fácil para prototipagem rápida, voltada para alunos sem formação em eletrônica e programação. Assim que chegou a uma comunidade mais ampla, a placa Arduino começou a mudar para se adaptar às novas necessidades e desafios, diferenciando a sua oferta de simples placas de 8 bits a produtos para aplicações IoT, wearables, impressão 3D e ambientes embarcados. Arduino é uma plataforma que possibilita o desenvolvimento de projetos eletrônicos. Em outras palavras, é uma plataforma de prototipagem eletrônica que nos permite fazer várias aplicações muito interessantes sem muita complicação. Utilizamos Arduino hoje por causa da velocidade que se consegue desenvolver algo, e se é rápido, também é mais simples,

isso é conseguido devido a modularidade do Arduino, da farta documentação e da grande quantidade de módulos disponíveis para se conectar ao mesmo.

Antes do Arduino, os projetos eram realizados soldando componente por componente, e depois criando módulo por módulo, cabo por cabo, isso exigia habilidade com ferro de solda, e atrasava o desenvolvimento e muitas vezes até inviabilizava devido à complexidade de alguns projetos.

Com o Arduino, a placa já vem pronta com todos os componentes, conectores e soquetes soldados, não precisa montar tudo do zero, então é só conectar as partes e partir para o projeto realmente, o problema passa a ser a solução do desenvolvimento da aplicação e não o problema para montagem do hardware básico.

Foram empregados os recursos disponíveis para o mesmo, como sensores RFID, O módulo RFID é um sistema composto por uma antena (também chamada de transceptor) que recebe e armazena os dados de um token, que pode ser um cartão ou um bottom. O circuito, que compõem nosso RFID com o Arduino, armazena as informações que o bottom e o cartão possuem no momento em que eles são aproximados no módulo RC522, com este recurso, é possível saber que o veículo está ocupando a vaga exata. Sensores de efeito Hall para identificação de presença, para identificar que a vaga está ocupada, mesmo que indevidamente, em caso de uma vaga reservada, Leds para indicar quais boxes estão ocupados e disponíveis, por meio de indicação luminosa, onde se o mesmo estiver vermelho, indica que o local está ocupado, se verde, tem vaga disponível na rua do estacionamento, tendo em mente que se tratam de estacionamentos grandes, como shoppings ou centros de convenções, tendo sempre uma orientação, seja por aplicativo ou de forma visual. Foi utilizado O **Módulo WiFi ESP8266 ESP-01** junto ao Arduino para agregar conexão sem fio a placa, o módulo tem suporte as redes WiFi 802.11 b/g/n e criptografia WPA e WPA2. Com a plataforma embarcada conectada à rede sem fio, foi possível integrarmos a aplicação pela internet com smartphone e tablets.

A figura 2 mostra o dispositivo NodeMCU ESP8266.



Fonte: NODEMCU (2021).

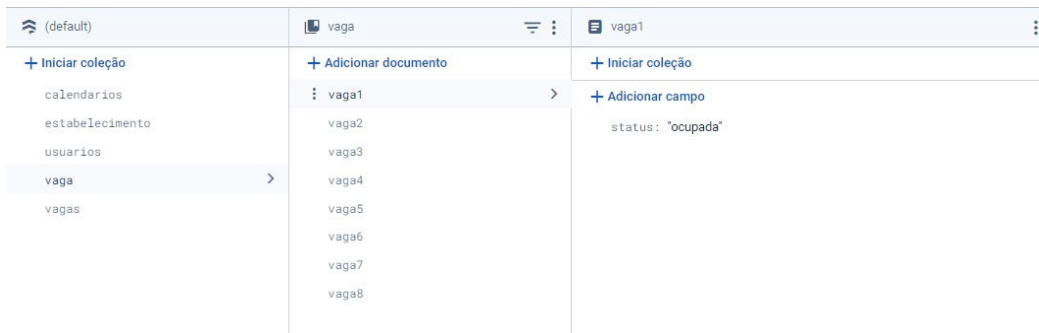
A identificação visual se deu por meio de indicadores luminosos, displays com contadores de vagas entre outros recursos que possam ser aplicados no melhor contexto, em busca de aprimorar nossa aplicação para o usuário final.

Com isso, buscamos a melhor experiência possível para o usuário, onde o mesmo pode consultar a vaga no estacionamento, ou chegando ao mesmo verificar na entrada se tem vagas disponíveis, antes mesmo de adentrar ao recinto, para tal, buscamos aplicar em nossa maquete, todos os recursos aqui citados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho demonstrou a eficácia do sensor ultrassônico em um sistema integrado para gerenciamento de estacionamentos, superando as limitações com sensores de presença, laser e infravermelho. Inicialmente, tentamos implementar sensores de presença, laser e infravermelho. Contudo, estes mostraram-se imprecisos e ineficazes para as necessidades específicas do nosso projeto, como uma detecção confiável de vagas ocupadas, pois o sensor de presença, por exemplo, alterava o status da vaga de livre para ocupada, porém, segundos depois, como o carro na maquete se mantinha parado, o sensor alterava o banco de dados do Firebase para vaga livre, mesmo tendo o carro presente na vaga, o que gerava insegurança e imprecisão no processo de gestão e acompanhamento das vagas. Buscou-se outras alternativas, partindo posteriormente para utilização do sensor de laser, onde o mesmo não alterava o status das vagas de forma satisfatória, mantendo uma informação única no banco de dados, mesmo com o movimento do veículo, desocupando a vaga ou ocupando e o resultado era sempre o mesmo, mesma situação se deu com o sensor infravermelho, assim sendo, iniciou-se o teste com o sensor ultrassônico, que por outro lado, provou ser extremamente eficiente. Sua capacidade de detecção precisa permitiu uma atualização em tempo real no banco de dados Firebase, refletindo com exatidão a ocupação das vagas de estacionamento tanto no banco como no Aplicativo.

Dados das vagas salvos no Firebase.



(default)	vaga	vaga1
+ Iniciar coleção	+ Adicionar documento	+ Iniciar coleção
calendarios	vaga1	+ Adicionar campo
estabelecimento	vaga2	status: "ocupada"
usuarios	vaga3	
vaga	vaga4	
vagas	vaga5	
	vaga6	
	vaga7	
	vaga8	

Fonte: Elaborado pelos autores, (2023).

A integração com o Firebase foi crucial para o sucesso do processo que em conjunto com o **Módulo WiFi ESP8266 ESP-01** junto ao Arduíno com a plataforma embarcada conectada à rede sem fio, foi possível integrar a aplicação pela internet com smartphone e tablets, permitindo um gerenciamento dinâmico e acessível das vagas de estacionamento, facilitando o trabalho do administrador do estacionamento, bem como trazendo comodidade aos usuários.

Os resultados obtidos com o sensor ultrassônico alinharam-se perfeitamente com os objetivos do projeto, evidenciando a importância da escolha correta de tecnologia para o sucesso do sistema. Comparado a sistemas similares documentados em literaturas, o projeto se destaca pela integração eficiente do sensor ultrassônico com o Firebase, fornecendo uma solução mais robusta e confiável. Foram enfrentados desafios significativos com os primeiros sensores. A adaptação para o sensor ultrassônico foi um ponto de virada crucial, embora tenha introduzido a necessidade de reconfigurar parte do sistema, inúmeros conflitos de bibliotecas entre outras, mas após vasta pesquisa e muitos testes, obteve-se êxito no processo de construção.

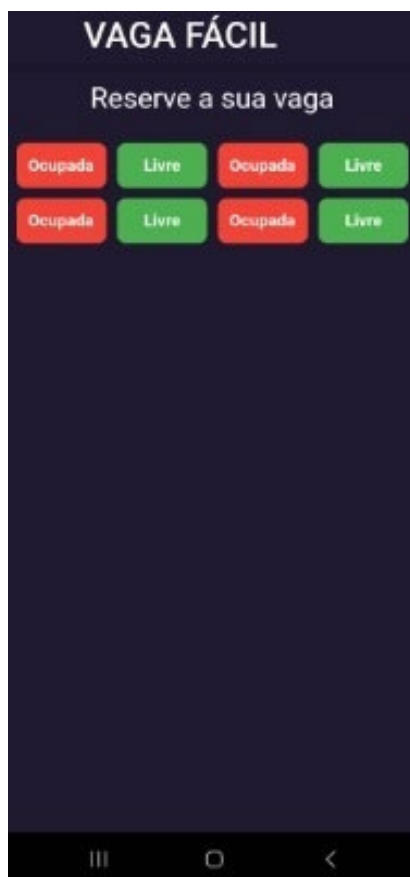
Foi desenvolvido como proposto no início do projeto uma maquete utilizando materiais como isopor, sensor ultrassônico, NodeMCU e ESP8266 ESP-01, fita de led endereçável utilizando a biblioteca Adafruit_NeoPixel.h, com o propósito de mostrar visualmente as vagas livres e ocupadas, caso o sensor ultrassônico detecte a presença, ele envia informação via internet para o firebase, alterando o status da vaga de livre para ocupada e altera os leds endereçados da vaga em questão para a cor vermelha, a mesma informação foi lida pelo aplicativo no banco de dados do firebase e atualizada na tela do Smartphone, caso a vaga venha ser liberada e sem presença de veículos, a informação é de que a vaga está livre e portanto os leds da mesma ficaram na cor verde, bem como a tela do aplicativo.

A figura 4 Maquete utilizada para validação do projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2023).

A figura 5 Tela do Smartphone com a ocupação das vagas.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2023).

4 CONCLUSÃO

Diante do desafio crescente de gerenciamento eficientemente estacionamentos em grandes centros urbanos, exacerbado pelo aumento significativo da frota de veículos, este projeto buscou desenvolver uma solução inovadora. Utilizando a tecnologia de Internet das Coisas (IoT) e a plataforma Arduino, propusemos um sistema integrado para otimização da localização e gestão de vagas de estacionamento.

Os resultados obtidos demonstraram a eficácia do sensor ultrassônico, destacando-se em precisão e confiabilidade em comparação com as evidências iniciais com sensores de presença, laser e infravermelho. Este sucesso não apenas atendeu aos objetivos propostos, mas também apresentou insights valiosos para a aplicação de sensores e tecnologias IoT em ambientes urbanos complexos.

Embora o projeto tenha resultados promissores, houve desafios, como a necessidade de ajustes técnicos durante a implementação e a validação da solução apenas em um ambiente de maquete. Estas limitações apontam para a necessidade de futuras pesquisas e desenvolvimento. Recomenda-se a integração de tecnologias de Inteligência Artificial (IA) para melhor prever padrões de ocupação de vagas e a realização de testes em um ambiente real para uma avaliação mais abrangente e prática do sistema.

Concluindo, este trabalho não apenas oferece uma contribuição significativa para o gerenciamento eficiente de estacionamentos urbanos, mas também abre caminhos para futuras inovações no campo de IoT e gerenciamento urbano. A busca por soluções tecnológicas para os problemas urbanos continuará sendo uma área de interesse vital, com potencial para impactar positivamente a vida nas cidades.

REFERÊNCIAS

- [1] AND.ORG.BR, Brasil já tem 1 carro a cada 4 habitantes, diz Denatran, 2022. Disponível em: <http://www.and.org.br/brasil-ja-tem-1-carro-a-cada-4-habitantes-diz-denatran/>. Acesso em 30 de Set. de 2022.
- [2] DI NAPOLI, C., DI NOCERA, D. and Rossi, S., 2014. Negotiating parking spaces in smart cities. In Proceeding of the 8th International Workshop on Agents in Traffic and Trans.
- [3] ARDUINO.CC, en/Guide/Introduction, 2023. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction/>. Acesso em 20 de Nov. de 2023.
- [4] PAREBEM.COM.BR, como-funciona-um-estacionamento-inteligente. Disponível em: <https://www.parebem.com.br/como-funciona-um-estacionamento-inteligente/>. Acesso em: 25 de Set. de 2022.
- [5] ALMEIDA, Rodrigo Maximiano A.; MORAES, Carlos Henrique V.; SERAPHIM, Thatyana F. Piola. Programação de Sistemas Embarcados - Desenvolvendo Software para Micro controladores em Linguagem C. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016: Grupo GEN, 2016. 9788595156371. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595156371/>. Acesso em: 23 set. 2022.
- [6] KONDEPUDI, SEKHAR. "What Constitutes a Smart City?." Smart Cities and Smart Spaces: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, edited by Information Resources Management Association, IGI Global, 2019, pp. 1-29. Disponível em: <http://doi:10.4018/978-1-5225-7030-1.ch001>. Acesso em 03 set. 2022.
- [7] TANENBAUM, A. S. – Redes de Computadores – 4ª Ed., Editora Campus (Elsevier), 2002.
- [8] PETERSON, L. L. e DAVIE, B. S. - Redes de Computadores (Uma abordagem de sistemas) - 3ª Ed., Editora Campus (Elsevier), 2011.
- [9] KUROSE, J. F. e ROSS, K. - Redes de Computadores e a Internet - 5ª Ed., Pearson, 2011.
- [10] Santos, B. P. e Silva A. M. L. e Fasolo, S. F. S.C , Neto B. B.J. e, Bruna S. Peres, Marcos Augusto M. Vieira, Luiz Filipe M. Vieira, Olga N. Goussevskaia e Antonio A. F. Loureiro. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf/>. Acesso em: 30 de Set. de 2022.

[11] MONTENEGRO, G., KUSHALNAGAR, N., Hui, J., & Culler, D. (2007). *Transmission of IPv6 packets over IEEE 802.15. 4 networks* (No. rfc4944). ŠKRABA.

[12] OLIVEIRA, Sérgio. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI**. Novatec Editora, 2017.

[13] ANDRADE, A. P. D. O que é Flutter? - Blog da TreinaWeb. Disponível em: <https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-flutter/>. Acesso em: 23 de set 2022.

[1] Acadêmico do Curso de Ciências da Computação da Universidade Professor Edson Antônio Velano - UNIFENAS.

[2] Acadêmica do Curso de Ciências da Computação da Universidade Professor Edson Antônio Velano - UNIFENAS.

[3] Acadêmico do Curso de Ciências da Computação da Universidade Professor Edson Antônio Velano - UNIFENAS.

[4] Mestre, Docente do Curso de Ciências da Computação da Universidade Professor Edson Antônio Velano - UNIFENAS.