



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES

ANTONIO JOSÉ DA SILVA ALMEIDA

**ONDESTACIONAR: UM SISTEMA INFORMATIVO PARA VAGAS EM
ESTACIONAMENTOS COM DETECÇÃO DE INFRAÇÃO EM VAGAS ESPECIAIS**

QUIXADÁ

2014

ANTONIO JOSÉ DA SILVA ALMEIDA

ONDESTACIONAR: UM SISTEMA INFORMATIVO PARA VAGAS EM ESTACIONAMENTOS
COM DETECÇÃO DE INFRAÇÃO EM VAGAS ESPECIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Tecnologia em Redes de
Computadores da Universidade Federal do Ceará
como requisito parcial para obtenção do grau de
Tecnólogo.

Área de concentração: computação

Orientadora Prof^a. Dra. Atslands Rego da Rocha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca do Campus de Quixadá

-
- A444o Almeida, Antonio José da Silva
Ondestacionar: um sistema informativo para vagas em estacionamentos com detecção de infração em vagas especiais. / Antonio José da Silva Almeida. – 2014.
47 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Redes de Computadores, Quixadá, 2014.
Orientação: Prof. Dra. Atslands Rego da Rocha
Área de concentração: Computação

1. Sistema de comunicação móvel 2. Trânsito urbano 3. Acessibilidade I. Título.

ANTONIO JOSÉ DA SILVA ALMEIDA

ONDESTACIONAR: UM SISTEMA INFORMATIVO PARA VAGAS EM ESTACIONAMENTOS
COM DETECÇÃO DE INFRAÇÃO EM VAGAS ESPECIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Tecnologia em Redes de
Computadores da Universidade Federal do Ceará como
requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo.

Aprovado em: 27 / novembro / 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Atslands Rego da Rocha(Orientadora)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. MSc. Marcos Dantas Ortiz
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. MSc. Michel Sales Bonfim.
Universidade Federal do Ceará-UFC

Dedico este trabalho à minha mãe. Minha primeira e melhor professora. In memoriam.

Ao meu irmão. In memoriam.

Ao meu pai. O lutador.

Aos colegas e amigos de universidade. Perdemos sono, ganhamos o conhecimento.

AGRADECIMENTOS

À minha família. Aos meus professores. À minha orientadora. A todos os servidores da Universidade Federal do Ceará. Aos colegas e amigos da Universidade Federal do Ceará.

“Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma que você recolhe, julga, maneja e, sobretudo, onde e como aplica esta informação.”

(Carl Sagan)

RESUMO

As cidades adquirem problemas ao crescer de forma desordenada. Muitos dos problemas são relacionados à mobilidade urbana. Estacionar um veículo em uma cidade com problemas de mobilidade é uma tarefa complicada. A situação se agrava quando o indivíduo que deseja estacionar é um deficiente ou um idoso, pois este tipo de usuário deveria ter uma melhor acessibilidade aos recursos da cidade. Entretanto, não é o que acontece normalmente. Um dos principais motivos é a desobediência à determinação de vagas especiais. Os problemas podem ser amenizados com a implementação de um sistema responsável por verificar estado de vagas (livre ou ocupada) e por disponibilizar a situação de vagas para os usuários de forma online. Ademais, nas vagas especiais, é interessante a inserção de autenticação para os usuários que venham a utilizá-las e de um sistema detector de infrações.

Palavras chaves: Redes de Sensores. Mobilidade Urbana. Acessibilidade.

ABSTRACT

Whenever a city grows disorderly, it can acquire some problems. Some main problems of a city are related to urban mobility. Finding a free space where to park a vehicle in a city with this kind of problem is a complicated task. The problem gets worse when an old or deficient person wants to park a vehicle. These people should have a better accessibility to the city resources, but it does not always happen. The issue is that people disobey the special park lot determination. A system able to verify the state of the parking lots (free or occupied, special or not) and inform about state of them to the users can reduce these problems. Moreover, a system to authentic the users and to detect parking infractions related to the special lots can guarantee accessibility to the people who have special needs.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Urban Mobility, Accessibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de nós e suas localizações.....	26
Figura 2 – Fluxo de dados ONDESTACIONAR.....	26
Figura 3 – Fluxo de dados do protótipo.....	28
Figura 4 – Organização das tabelas de registro do banco de dados MySQL.....	30
Figura 5 – Leitor RFID RC522.....	31
Figura 6 – Credencial de acesso às vagas de idosos.....	31
Figura 7 – Credencial de acesso às vagas de deficientes.....	32
Figura 8 – Xbee Dongle.....	32
Figura 9 – Fluxograma de ação tomada de acordo com a mensagem recebida.....	35
Figura 10 – Interface de usuário protótipo.....	35
Figura 11 – Atualização de vagas disponíveis.....	36
Figura 12 – Sistema de eventos.....	37
Figura 13 – Recebimento de mudança de estado de vaga.....	39
Figura 14 – Ocupação da vaga especial 2.....	39
Figura 15 – Recepção do identificador do cartão.....	39
Figura 16 – Recebimento de mensagem de evento do tipo 1.....	40
Figura 17 – Recepção de mensagem de evento do tipo 2.....	40
Figura 18 – Atualização na interface de usuário para a mensagem de atualização.....	40
Figura 19 – Atualização com imagens de satélite.....	41
Figura 20 – Exemplo de detecção de falha em setor.....	44
Figura 21 – Exemplo de detecção de falha de sensores.....	45
Figura 22 – Infrações detectadas.....	45
Figura 23 – Detecção de vagas sem autenticação.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tempo médio de infração para vaga especial 1.....	42
Gráfico 2 – Tempo médio de infração para a vaga especial 2.....	42
Gráfico 3 – Número de vagas livres ao decorrer do horário.....	42
Gráfico 4 – Intervalos de infração e infração vaga especial 1.....	43
Gráfico 5 – Intervalos de infração e não infração vaga especial 2.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Semelhanças e diferenças entre os trabalhos relacionados.....	19
Tabela 2 – Finalidade de cada tabela do banco de dados.....	29
Tabela 3 – Tipos de mensagens JSON definidas.....	33
Tabela 4 – Atributos dos objetos JSON e seu significado.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 TRABALHOS RELACIONADOS.....	19
3 OBJETIVOS.....	21
3.1 Objetivo Geral.....	21
3.2 Objetivos Específicos.....	22
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
4.1 Cidades Inteligentes.....	22
4.2 Mobilidade Urbana.....	22
4.3 Redes de sensores sem fios (RSSF).....	23
4.3.1 Sensores ultrassônicos.....	24
4.3.2 Xbee.....	24
4.3.3 Arduino.....	24
4.3.4 RFID.....	25
5 ONDESTACIONAR: UMA VISÃO GERAL.....	25
5.1 Fluxo de dados do sistema.....	26
5.2 Detecção de ocupação e desocupação de vaga.....	26
5.3 Mecanismo de autenticação.....	27
5.4 Detecções.....	27
5.5 Interface do usuário.....	27
6 Protótipo.....	27
6.1 Fluxo de dados no protótipo desenvolvido.....	28
6.2 JSON.....	28
6.3MySQL.....	29
6.4 Detecção de ocupação de vaga no protótipo.....	30
6.5 Leitura dos cartões no protótipo.....	30
6.6 Envio das informações.....	32
6.7 Formato e tipo da mensagem.....	32
6.8 Tratamento de mensagens.....	34
6.9 Interface de usuário protótipo.....	35
6.10 Sistema de eventos.....	37
6.10.1 Sistema de detecção de infrações.....	37
6.10.2 Sistema de detecção de falhas.....	37
7 EXPERIMENTOS.....	38
8 RESULTADOS.....	38
8.1 Mudanças de estado em vagas.....	38

8.2 Mudança no estado de vagas especiais.....	39
8.3 Recebimento das mensagens de eventos.....	39
8.4 Atualizações na interface de usuário.....	40
8.5 Tempo ocupado sem autenticação.....	41
8.6 Ocupação de vagas.....	42
8.7 Relação entre o tempo em infração e o tempo autenticado.....	43
8.8 Sistema de detecção de falhas.....	44
8.9 Sistema de detecção de infração.....	45
9 CONCLUSÃO.....	46
10 TRABALHOS FUTUROS.....	46
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Fatores sociais, econômicos e ecológicos interagem diariamente e influenciam nas características um do outro. Além disso, tais fatores são responsáveis por tornarem as cidades em que vivemos mais inteligentes, incentivando os governantes a criar soluções que utilizam as informações disponíveis sobre os mais diferentes recursos. Com isso, eles pretendem gerenciar a cidade da melhor maneira possível (QINGRUI, 2012).

Com o crescimento da cidade, surgem também problemas. As pessoas passam a ter um maior poder aquisitivo, sendo capazes de adquirir veículos de transporte individual, e paralelamente, os transportes públicos, muitas vezes, não recebem investimentos suficientes e não são capazes de atender à demanda necessária. Com isso, a mobilidade urbana fica prejudicada, pois a população passa a usar mais os transportes individuais, o que pode causar congestionamentos e outros problemas em horários de pico, principalmente em cidades onde não há sistema de rodízio de veículos.

Além dos congestionamentos, há problemas relacionados ao grande número de veículos em relação ao número de locais para estacioná-los. A procura por vagas livres de estacionamento e o tempo para encontrá-las são fatores importantes que devem ser levados em consideração. Ao buscar vagas livres em estacionamentos, as pessoas acabam desperdiçando não somente tempo, mas também combustível e, a longo prazo, desgastando peças de seus veículos. Além disso, caso o veículo seja movido a combustíveis fósseis, está também emitindo constantemente gases responsáveis pelo efeito estufa na atmosfera (YANFENG, 2011).

Outro problema é o desrespeito às vagas especiais (ou exclusivas) de estacionamento. Tais vagas estão em menor número nas cidades e são de uso exclusivo para pessoas com deficiência e idosos. Na cidade de São Paulo, por exemplo, foram aplicadas 28.334 multas somente no ano de 2013 e 6.426 até o mês de Março de 2014. Essas multas foram exatamente em decorrência de desrespeito à demarcação dos espaços exclusivos de estacionamento (CET, 2013).

A existência dos problemas citados torna necessário o surgimento de alternativas para minimizá-los. O uso de sistemas informativos baseados em dados coletados por sensores localizados nos estacionamentos podem ajudar a diminuir o tempo de busca de vagas e o uso indevido de vagas especiais. Dessa forma, para diminuir o desperdício de combustíveis e recursos durante as buscas, poderia ser feito um sistema que disponibilizasse as informações de estado (livre ou ocupado) sobre as vagas de estacionamento do local onde o usuário pretende ir. Dessa maneira, o usuário pode tomar decisões baseado nas informações verificadas.

Uma alternativa ao problema das vagas especiais seria a detecção se determinado usuário dispõe do privilégio de uso das mesmas. Isso pode ser usado para dificultar o acesso de usuários não

autorizados a vagas especiais. Sendo assim, pode-se evitar que pessoas que realmente tenham alguma deficiência, como a dificuldade de locomoção, ou que sejam idosos, fiquem impossibilitados de estacionar em tais vagas, sendo prejudicados por indivíduos que não necessitam desses espaços exclusivos.

Em uma cidade, definem-se três tipos de estacionamentos. Estacionamentos de vias públicas, que são (estacionamentos abertos e que estão ao lado das ruas) os estacionamentos fora de vias públicas, (considerados abertos, mas que não estão ao lado das ruas) e os estacionamentos privados, os quais em sua maioria estão em espaços fechados(UTL, 2009).

Esse trabalho pretende disponibilizar informações sobre vagas para usuários que utilizam os estacionamentos localizados em via pública e em meio privado através de um sistema informativo com interface Web. Assim, oferecemos uma opção para que usuários possam consultar as vagas livres que estão próximas ao local onde desejam ir. Outro objetivo do trabalho é prover a fiscalização de vagas exclusivas, identificando se o veículo estacionado na vaga especial conduz uma pessoa com deficiência ou idosa através de um mecanismo de autenticação. Além disso, pretendemos desenvolver uma solução que permita listar as vagas que estão sendo usadas sem ter havido autenticação atualmente.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Tabela 1 – Semelhanças e diferenças entre os trabalhos relacionados

	Semelhança	Diferença
Sfpark	Disponibiliza informações sobre vagas para usuários	Não leva em consideração autenticação em vagas especiais
	Utiliza redes de sensores	
Bechini	Provê informações de vagas de estacionamentos	Reserva de vagas
	Busca por endereço	Usuário é responsável pela coleta dos dados
Alaparthi	Informação de vagas em tempo real	Contem um sistema de orientação
	Utiliza a pilha de protocolos	

	ZigBee para a comunicação dos dados	Reserva de vagas
--	-------------------------------------	------------------

Fonte: Elaborado pelo autor

Diferentes trabalhos desenvolvem soluções para os diferentes tipos de estacionamentos. Bechini(2013) aborda um sistema informativo para estacionamentos abertos de via pública. Alaparathi(2012) demonstra uma solução para estacionamentos privados. E outros trabalhos abrangem os dois tipos de estacionamentos, como é o caso do SFpark (2011). As diferenças e semelhanças entre o presente trabalho e os outros estão resumidas na Tabela 1.

SFpark(2011) é um sistema em funcionamento na cidade de São Francisco – Califórnia e disponibiliza informações de vagas aos usuários de estacionamentos urbanos. Além disso, faz uma regulação da quantidade de veículos em um setor de estacionamento, alterando o preço cobrado para estacionar nele. Quando um setor contém muitos veículos, o preço do estacionamento é automaticamente elevado, enquanto que, quando existem poucos carros em um setor, o preço é reduzido. A redução afeta setores individualmente e proporcionando melhor controle das vagas.

O SFpark é programado para deixar sempre uma vaga livre em cada setor, a fim de melhorar a mobilidade dos usuários. Coleta-se o estado de uma vaga com a utilização de sensores magnéticos. Estes sensores detectam a variação no campo eletromagnético provocada pela chegada ou saída de um veículo e cada vaga de estacionamento contém pelo menos um sensor. O uso de sensores magnéticos possui a vantagem de detectar facilmente os veículos. Entretanto, ao usar esse tipo de sensor, existem problemas quanto à precisão, como detectar se a vaga está realmente ocupada ou se apenas um veículo transitou próximo à vaga.

No SFpark, a transmissão de dados se dá através de nós sem fio localizados em pontos estratégicos da cidade. Existem três tipos de nós nesse sistema: (i) o nó sensor, que foi colocado nos espaços de estacionamento; (ii) os nós repetidores, responsáveis por encaminhar informações caso os nós sensores estejam muito longe dos nós *gateways*; e (iii) *gateways* que fornecem a conexão com a rede encaminhando os dados à internet. Uma das diferenças entre o SFpark e o nosso trabalho é que o SFpark não trata da verificação de uso legítimo de vagas especiais. Com relação às semelhanças, pode-se citar que o SFpark provê uma interface web onde os usuários podem consultar a disponibilidade de vagas livres dentro da cidade. Além disso, a topologia com hierarquia de nós também é outro ponto de similaridade.

Bechini (2013) descreve um sistema que utiliza o celular do usuário para ler Qrcodes (*Quick Response Codes*) (NARAYANAN, 2012). Os códigos de leitura rápida são colocados nas vagas, registrando o identificador e a localização delas no momento da leitura. O usuário pode consultar a disponibilidade de vagas através de um aplicativo. O aplicativo dá a opção de busca por raio de

distância à escolha dos usuários. No entanto, apesar de prover a disponibilidade de informação para quem usa o sistema, as pessoas podem esquecer de ler o código ao saírem do veículo, por pressa ou esquecimento. Nesse caso, o sistema ficaria com poucas informações úteis. Para evitar esse tipo de situação, o funcionamento do sistema poderia ser mais automatizado, com o mínimo de participação do usuário possível.

Bechini(2013) também define a possibilidade de reserva de vagas através do celular, no qual o usuário pode escolher uma vaga, reservá-la e pagar pela reserva. Entretanto, deve ser levado em consideração que nem todo mundo usará o sistema. Reservar uma vaga na realidade de nossas cidades não seria viável, pois pessoas que não usam o sistema poderiam estacionar em vagas reservadas, sem ter o conhecimento de tal fato. Sendo assim, uma das principais diferenças será que o presente trabalho não contará com a possibilidade de reserva de vagas e além disso os dados serão coletados exclusivamente pela rede de sensores e não por intervenção dos usuários. A principal semelhança é que se oferece o sistema de informações sobre as vagas de estacionamentos. Ademais, Bechini(2013) também não descreve uma solução que amenize a ocupação irregular de vagas especiais, como propõe este trabalho.

Alaparthy(2012) demonstra uma solução não somente para disponibilizar informações em tempo real sobre as vagas de estacionamentos, mas também fornece orientação para os usuários. Um sistema de orientação indica ao usuário em que direções deve ir para que chegue à vaga onde estacionará.

Além do sistema de orientação, também há o sistema que guia o usuário até a saída do estacionamento, onde está um a barreira de saída e nó responsável por enviar as informações do veículo para o servidor central. Após o envio das informações ao servidor central, o sistema calcula a taxa a ser paga e levanta automaticamente a barreira de saída quando o pagamento é feito. A principal semelhança entre o presente trabalho e esse é que ambos oferecem o sistema de disponibilização de informações sobre vagas de estacionamento. Entretanto o presente trabalho abrange os estacionamentos não só particulares, mas também estacionamentos de vias públicas e ainda procura amenizar problema de ocupação de pessoas não autorizadas em vagas especiais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Propor um sistema informativo sobre vagas de estacionamentos, além de prover fiscalização de vagas exclusivas, identificando se o usuário estacionado na vaga especial tem autorização para fazê-lo.

3.2 Objetivos Específicos

- Oferecer um sistema informativo, cujos usuários de estacionamentos situados em vias públicas e estacionamentos privados podem consultar vagas livres;
- Prover um mecanismo para identificação, no qual verificam-se usuários autorizados a usar vagas de deficientes e idosos;
- Prover um mecanismo de visualização, onde as autoridades, podem visualizar quando uma pessoa não autorizada estacionou em uma vaga de idosos ou deficientes.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cidades Inteligentes

Uma cidade inteligente é aquela que busca a otimização do conhecimento e do controle das suas atividades. Esse tipo de cidade, utiliza de toda a informação que está disponível em seu ambiente para melhor uso dos recursos existentes. As necessidades desta cidade devem ser tratadas de forma integrada, sejam elas sociais, comerciais ou ambientais, pois uma pode influenciar a outra.

As soluções que podem ser implementadas por uma cidade inteligente são por exemplo: o gerenciamento do consumo de energia e água, controle do tráfego, segurança pública e o gerenciamento dos prédios (KEHOE, 2011).

Os gestores de uma cidade inteligente devem ter visão sustentável nos âmbitos ecológico, social e econômico, promovendo a interligação dessas três áreas de forma consciente para usar os recursos de forma sustentável. O cuidado com o desenvolvimento sustentável se dá através de estratégias. Entretanto, somente as estratégias de desenvolvimento sustentável não são suficientes, a união das estratégias é a melhor alternativa para proporcionar um sucesso ainda maior ao serem implementadas (QINGRUI, 2012).

As redes de sensores estão intimamente ligadas ao conceito de cidades inteligentes, pois estas são usadas para coletar os dados que provêm melhor conhecimento sobre as atividades que ocorrem em uma cidade. Sendo assim, é possível utilizar as informações para gerenciar melhor os serviços de mobilidade urbana de uma forma mais inteligente, melhorando a qualidade de vida dos cidadãos (GONÇALVES, 2012).

4.2 Mobilidade Urbana

Mobilidade urbana visa estudar o deslocamento de pessoas num ambiente urbano para poder descrever seu comportamento. Quatro partes fundamentais da mobilidade urbana estão em destaque: mobilidade do dia a dia, migração, mobilidade residencial, e mobilidade nas viagens. Dentre as quatro listadas anteriormente, a mobilidade diária é a que merece mais interesse, pois é

aquela a qual os cidadãos de uma cidade participam frequentemente.

Dentro do estudo da mobilidade está o estudo da mobilidade de grupos de indivíduos. Esta separação é importante pois cada grupo se moverá de maneira diferente no espaço urbano. Sendo assim, são geradas diferentes necessidades de deslocamento. Baseado nas necessidades dos grupos, é possível criar estratégias para melhorar a mobilidade de cada conjunto de indivíduos. (MARILLEAU. Et al, 2005).

4.3 Redes de sensores sem fios (RSSF)

Redes de sensores sem fios são redes que utilizam dispositivos capazes de coletar dados de um ambiente para monitoramento ou tomar decisões ao acontecer um evento específico. Esse tipo de rede é ideal para coleta de dados em locais onde não é possível (ou desejada) a intervenção humana, seja por tempo de observação, seja por periculosidade do local ou por outros fatores específicos de cada ambiente. (ALAPARTHI, 2012).

As RSSF podem ser aplicadas nos mais variados cenários. Em campos de batalha, vários nós podem ser distribuídos pelo local a fim de monitorar movimentação das tropas inimigas, evitando assim, que soldados arrisquem suas vidas para realizar o reconhecimento do terreno. Em áreas urbanas, nós podem monitorar o tráfego de veículos e regular abertura e fechamento de semáforos. Em áreas de proteção ambiental, sistemas de monitoramento usando nós sensores podem detectar a ocorrência de incêndios.

Os componentes básicos de um nó sensor são: unidades de sensoriamento, unidade de processamento, transceptor e fonte de energia. As unidades de sensoriamento ou sensores são as partes responsáveis pela leitura do fenômeno a ser monitorado. Podem ser usados para coletar temperatura, umidade do ar, distância de objetos, gases no ambiente, dentre outras aplicações.

A unidade de processamento é responsável pelo processamento dos dados coletados pelos sensores, além de decidir o destino das informações e quando devem ser enviadas. Além disso, o nó sensor contém um dispositivo transceptor o qual é responsável pelo envio e recebimento de dados através de uma rede sem fios. Este é usado para a troca de informações entre os nós que compõem a RSSF (LOUREIRO, 2003).

A fonte de alimentação é responsável por prover a energia necessária para o funcionamento do nó sensor. Este é um componente muito importante, já que as redes de sensores dependem muitas vezes de baterias para funcionar e essa energia deve ser gerenciada de forma eficaz.

Ao criar alternativas de diminuição no consumo de energia através de algoritmos e aplicações que proporcionam um melhor uso dos recursos, pode ser proporcionado maior vida útil da rede. No entanto, a qualidade de serviço também é importante e deve ser levada em consideração

(ROCHA et al., 2012).

As seções seguintes tratarão de conceitos relacionados a dispositivos e recursos que podem ser utilizados em redes de sensores e que são utilizados nesse trabalho.

4.3.1 Sensores ultrassônicos

Sensores ultrassônicos são dispositivos capazes de emitir pulsos ultrassônicos. Através deles é possível determinar a distância entre o sensor e objetos. O funcionamento desse sensor se dá através do envio de um pulso ultrassônico de 42khz e do recebimento da reflexão desse pulso em algum objeto. A partir do tempo de resposta da reflexão, é possível saber a distância entre o sensor e o objeto em questão (WENDLING, 2010).

Esse tipo de sensor tem vantagens em relação a outros tipos. A leitura de dados é feita mesmo com poeira, névoa e outros fatores que causariam interferência no momento da coleta de dados em outros tipos de sensores (ALAPARTHI, 2012).

4.3.2 Xbee

O Xbee é um dispositivo para comunicação sem fio. Tal dispositivo, torna possível a criação de uma rede de sensores sem fios com dispositivos capazes de se comunicar de forma coordenada. Com esse equipamento, é possível criar uma rede de mais de 65000 nós (ROGERCOM, 2008). Xbee também possui um meio de comunicação padronizado, o protocolo ZigBee do padrão IEEE 802.15.4.

O Xbee permite a utilização de três tipos de nós. Nós coordenadores, os quais estão responsáveis pela inicialização da rede, distribuição de endereços nessa rede, manutenção, e reconhecimento dos nós, dentre outras. Nós roteadores, aqueles que são responsáveis pelas funções de comunicação intermediária, por exemplo, a comunicação entre um nó sensor distante de um nó coordenador. Assim, se em uma rede de sensores, os nós de sensoriamento (ou nós finais) estão a uma distância grande do coordenador (mais de 100 metros no caso dos módulos Xbee), roteadores podem ser utilizados para encaminhar a informação até um coordenador (MAYALARP, 2010).

Além dos dois tipos de nós mencionados anteriormente, ainda existe o nó sensor, o qual pode ser definido como o nó da rede onde estão conectados os sensores. Este tipo de nó participa do sensoriamento diretamente (ROGERCOM, 2008).

4.3.3 Arduino

A placa microcontroladora arduino é uma plataforma de software e hardware livres e possibilita uma solução de baixo custo, quando comparada a outras placas existentes no mercado. O

arduino fornece a possibilidade de desenvolvimento de projetos de robótica, eletrônica e automação. Além disso, pode ser programado usando várias plataformas como *Windows*, *Linux* e *Mac*.

Outra funcionalidade bastante útil é a possibilidade de expansão das funcionalidades da placa, adicionando componentes extras chamados *shields* (HERNANEZ, 2012). Com a utilização dessas extensões, o arduino pode conectar-se com redes *WiFi* e também realizar conexão com GSM (*Global System for Mobile Communications*). Sendo assim, um sistema com arduino torna-se implementável em vários tipos de ambientes (ARDUINO, 2014).

4.3.4 RFID

RFID significa identificação por rádio frequência e é uma tecnologia que usa leitores de etiquetas e etiquetas de identificação com *chip*. Usando uma antena, o leitor envia campos eletromagnéticos para a etiqueta. Essa por sua vez recebe o sinal e envia seu identificador numérico ao leitor. RFID também oferece uma série de benefícios como leitura sem linha de visão em alguns modelos de leitores e leitura rápida de etiquetas (OMNI-ID, 2009).

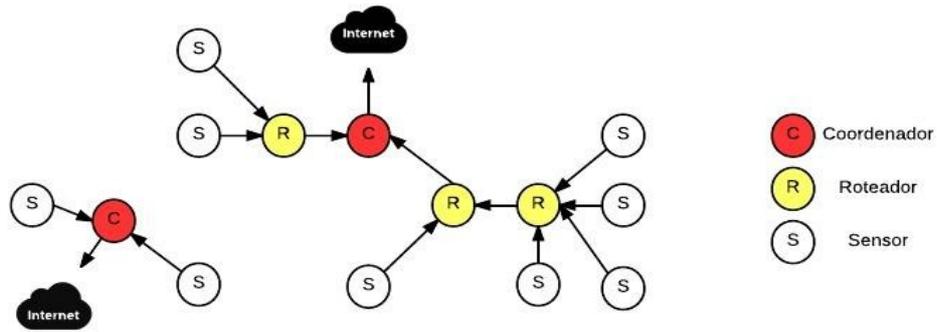
As etiquetas RFID, têm tipos diferentes que podem ser usadas para diferentes propósitos, sendo divididas em etiquetas passivas, semi-passivas e ativas. As etiquetas passivas necessitam da emissão de ondas por parte do leitor para serem ligadas. Já as etiquetas semi-passivas têm baterias acopladas, fornecendo energia para realizar a emissão do identificador ao leitor. O último tipo, etiquetas ativas têm um transmissor em si, capaz de emitir as ondas, e uma bateria, a fim de prover a energia ao chip e comunicação com o leitor (WARD, 2006).

5 ONDESTACIONAR: UMA VISÃO GERAL

O sistema ONDESTACIONAR consiste em nós espalhados pela cidade. Cada nó tem uma funcionalidade diferente. Similar ao modelo de distribuição de nós do SFpark(2011), o sistema é composto por três tipos de nós. A figura 1 exemplifica a posição e o tipo dos nós. No sistema existem três tipos de nós, os nós responsáveis por enviar as mensagens de mudança de estado de vagas são chamados de nós sensores. Os nós responsáveis por receber as mensagens dos nós sensores e processá-las são denominados nós coordenadores. As mensagens após serem processadas levam a uma decisão por parte do nó coordenador. Essas decisões geram registros em banco de dados. Os registros podem ser recuperados posteriormente pelo sistema.

Se um nó sensor estiver a uma distância que possibilite o envio direto das mensagens ao coordenador, o fará. Em caso contrário, será colocado um nó roteador entre os mesmos para prover a comunicação.

Figura 1 – Tipos de nós e suas localizações

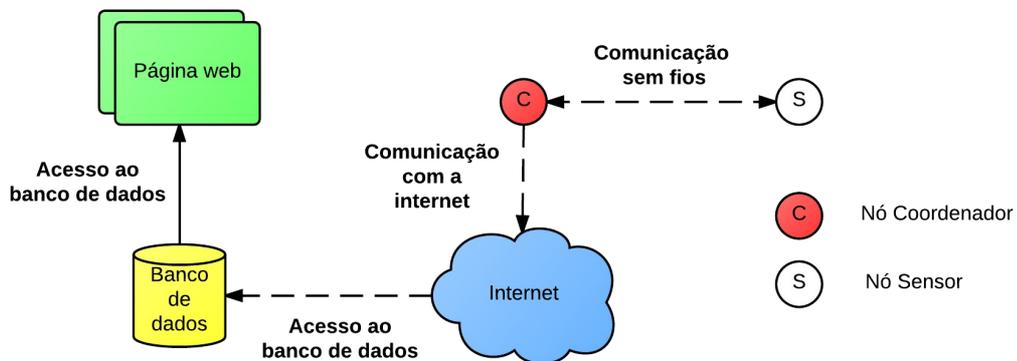


Fonte: Elaborado pelo autor

5.1 Fluxo de dados do sistema

O fluxo dos dados no sistema se dá da seguinte forma (figura 2). O nó sensor faz o sensoriamento e envia as mensagens ao nó coordenador através de dispositivos de comunicação sem fios. O coordenador processa as mensagens recebidas e envia os dados para o servidor de banco de dados remoto. Posteriormente, as informações registradas no banco de dados são lidas pela interface Web a fim de prover as informações aos usuários.

Figura 2 – Fluxo de dados ONDESTACIONAR



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Detecção de ocupação e desocupação de vaga

A detecção de ocupação e desocupação é feita através do uso de sensores implantados nas vagas de estacionamento. Através disso, é possível determinar quando uma vaga mudou de estado

(de livre a ocupada ou o contrário).

O tipo de vaga determina se será necessário acionar o leitor de cartões a fim de realizar a autenticação no sistema. O acionamento será feito quando for detectado que uma vaga especial passou de estado livre para ocupada.

5.3 Mecanismo de autenticação

Ao detectar ocupação em uma vaga especial o sistema avisa ao usuário que é necessária a leitura de um cartão identificador. O aviso se dá através de sinais luminosos e sonoros.

O sistema detecta se uma pessoa estacionou em uma vaga especial e não efetuou a leitura de um cartão de identificação. Nesse caso, são registrados eventos específicos que servem para gerar os avisos de infrações para as autoridades responsáveis pela fiscalização.

5.4 Detecções

Mecanismo para detecção de falhas no sistema para que a troca de equipamentos e a manutenção possa ser feita de forma mais rápida. O administrador do sistema poderá visualizar as falhas que venham a ocorrer e tomar ações.

O mecanismo de detecção de infração serve para a visualização de possíveis infrações que venham a ocorrer. Os responsáveis pela fiscalização das vagas especiais podem visualizar as possíveis infrações em andamento e tomar ações.

5.5 Interface do usuário

O usuário é capaz de interagir com o sistema através de uma interface de usuário em plataforma WEB. O usuário digita um endereço de interesse e recebe o retorno em um mapa com marcadores que indicam os setores de estacionamento disponíveis para o local buscado. Os marcadores possuem informações sobre o setor que representam. Essas informações são o número de vagas livres para vagas regulares e vagas especiais.

6 Protótipo

Foi desenvolvido um protótipo de nó sensor com o intuito de realização dos testes. O protótipo é composto por uma placa microcontroladora arduino (processamento e armazenamento), uma *shield* Xbee (conexão xbee com placa arduino), um módulo Xbee (transceiver), um módulo leitor RFID RC522 (leitura de cartões identificadores), cinco sensores ultrassônicos (sensoriamento de ocupação de vagas), um led vermelho, um buzzer (dispositivo de som), uma bateria de 9000mAh e uma placa de ensaio (conexão dos fios).

O protótipo possui uma conexão sem fios até o Xbee coordenador através do módulo Xbee que está acoplado ao arduino. Os dois módulos foram configurados previamente com o software XCTU. Uma ferramenta desenvolvida pela fabricante para atualização e carregamento de *firmwares* para os módulos Xbee.

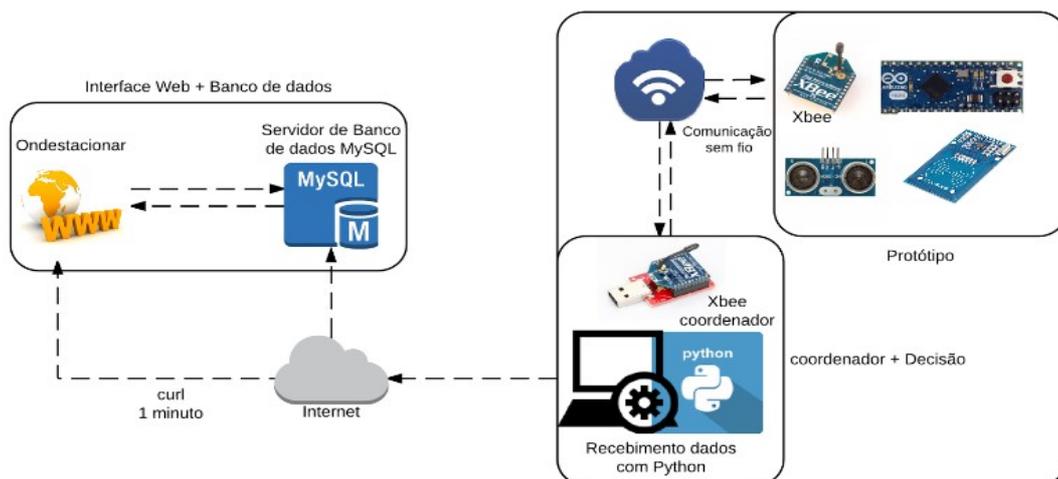
6.1 Fluxo de dados no protótipo desenvolvido

O fluxo dos dados pode ser visto na Figura 3. O microcontrolador envia os pulsos de ultrassom através dos sensores, recebe o retorno do pulso, processa e decide se uma vaga está ocupada ou livre.

Se a vaga for do tipo especial, o leitor de RFID é ativado somado ao led e ao dispositivo de som. Os dados de mudança de estado de vaga e leitura de cartões são enviados através da comunicação sem fios existente entre o módulo Xbee do protótipo (nó sensor) e o módulo Xbee conectado ao computador (Nó coordenador).

O nó coordenador, do outro lado da comunicação sem fios, realiza o recebimento das informações e as envia pela porta serial do computador. Finalmente, o computador realiza o processamento através do *script* em python (figura 9) em execução e decide que ação deve tomar de acordo com o tipo de mensagem.

Figura 3-Fluxo de dados do protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 JSON

O JSON (*JavaScript Object Notation*) é um formato de troca de informações estruturadas. Existem diferentes linguagens de programação e estas representam os dados de maneira diferentes.

JSON é um padrão que não tem tipos de dados. Toda a informação é representada em texto, facilitando a interpretação dos dados por programadores e diferentes linguagens de programação (ECMA-INTERNACIONAL, 2013).

Por fornecer a funcionalidade de tradução de mensagens entre linguagem de programação diferentes, o formato JSON foi adotado. Dessa maneira foi possível a comunicação entre os dados coletados pelo sensor e processados pelo coordenador, já que esses nós usavam linguagem de programação diferentes.

6.3MySQL

MySQL é um tipo de servidor e sistema de gerenciamento de banco de dados(SGBD). O que quer dizer que é possível não somente a construção de um banco de dados, mas também a inserção, atualização e exclusão de entradas no banco de dados. Este sistema é muito utilizado por aplicações de pequeno e grande porte por possuir uma boa estrutura. Um banco de dados do tipo MySQL está preparado para ser utilizado nos mais variados tipos de sistemas, e pode ser usados para armazenar os dados de uma rede de sensores em fios (MILANI, 2007).

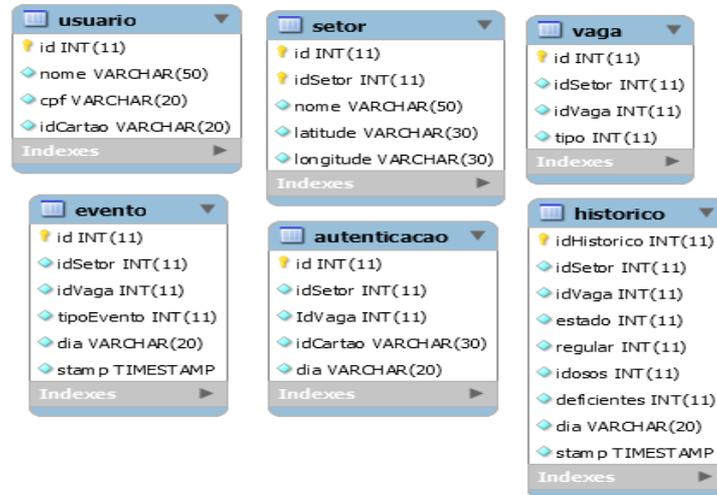
Sendo assim, é utilizado um banco de dados MySQL para armazenar as informações que são coletadas pelo protótipo. As informações são coletadas, enviadas, processadas e registradas pelo sistema protótipo e escritas em tabelas de banco de dados MySQL. O Esquema de organização do banco de dados utilizado está descrito na figura 4. A tabela 2 descreve a finalidade de cada tabela criada para o banco de dados.

Tabela 2 – Finalidade de cada tabela do banco de dados

Nome da tabela no banco de dados	Finalidade
setor	Registro de setores pertencentes ao sistema
vaga	Registro de vagas pertencentes ao sistema
historico	Registro de mudanças no estado de vagas
autenticacao	Registro de autenticações feitas pelos usuários
usuario	Registro de dados de usuários
evento	Registro de eventos relativos ao sistema

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 – Organização das tabelas de registro do banco de dados MySQL



Fonte: Elaborado pelo autor

6.4 Detecção de ocupação de vaga no protótipo

A detecção de vagas livres e ocupadas é feita por meio da conexão de cinco sensores ultrassônicos do modelo HC-SR04 com a placa de microcontroladora arduino. Três desses sensores representam vagas regulares, com identificadores 3, 4 e 5 e dois deles representam vagas especiais com identificadores 1 e 2.

Através de programação em linguagem C do arduino, é feito o envio de dez pulsos de ultrassom para cada sensor. Posteriormente o retorno desses pulsos são convertidos na distância entre o sensor e o veículo através da biblioteca *NewPing* fornecida pelo arduino.

Para cada sensor, a distância é capturada dez vezes. No fim é feito o cálculo da média dos dez pulsos. Essa medida serve para impedir que objetos que passem na frente do sensor possam causar falsas detecções.

A distância estabelecida para a detecção foi de 120 cm (configurável). Caso a média das leituras feitas para um sensor for menor que 120 cm e a vaga estiver com estado livre, a vaga é considerada ocupada. No entanto, se a distância for maior que 120 cm e previamente está em estado ocupado a vaga é considerada livre.

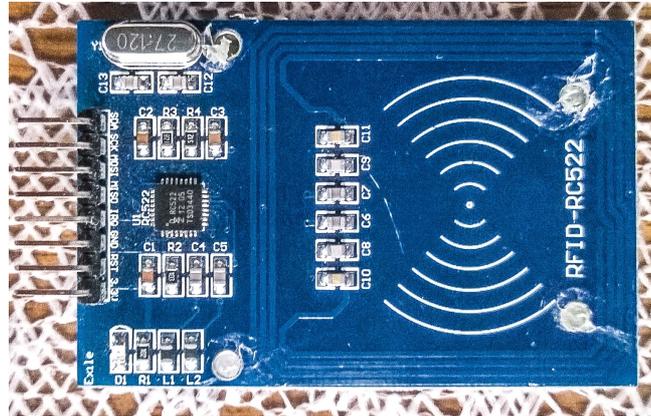
Essa distância inclui um pequeno espaço de segurança para que os motoristas não venham a estacionar em cima do sensor, de modo que se recomenda que os sensores não fiquem exatamente na borda do meio-fio do estacionamento, mas sim a alguns centímetros de distância do mesmo.

6.5 Leitura dos cartões no protótipo

O leitor RC522 (figura 5) acoplado na placa arduino é ativado quando um sensor detecta que uma vaga especial está ocupada.

Ao acontecer a ocupação, uma luz de cor vermelha intermitente é acionada, bem como um sinal sonoro intermitente. Isso serve para avisar ao usuário da necessidade de leitura do cartão. Caso o cartão seja lido, os sinais cessam. Entretanto se não for lido cartão algum o sinal continuaria até que seja detectada a liberação da vaga.

Figura 5 – Leitor RFID RC522



Fonte: Elaborado pelo autor

A legislação de trânsito define que deficientes e idosos ao fazer uso de vagas exclusivas, devem portar um cartão de identificação (Figuras 6 e 7). Tal cartão deve ser deixado na parte interna do para-brisas, para uma possível fiscalização (Conselho Nacional de Trânsito, 2008). Aproveitando essa determinação, é possível a identificação de pessoa autorizada a usar uma vaga especial para estacionar. Isto pode ser feito com leitores e etiquetas RFID.

Havendo a possibilidade de pôr em funcionamento este sistema em vias públicas, seria necessária uma negociação para firmar uma parceria com os órgãos competentes de trânsito, como o DETRAN (Departamento Estadual de Trânsito) do estado em questão e o CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), a fim de emitir os cartões novos com a funcionalidade do chip RFID.

Figura 6 – Credencial de acesso às vagas de idosos



Fonte: Resolução 303 – CONTRAN

Mensagens do tipo 1 identificam atualização de estado de vaga e têm o formato: {"t": 1, "s": 1, "m": "UFCA", "v": 1, "e": "0", "n": 3, "i": 1, "d": 1, "a": -4.979317, "o": -39.056468}. A letra "t" representa o tipo de mensagem.

A letra "s" representa o identificador do setor. O "m" especifica o nome do setor, nesse caso, UFCA. A letra "v", é usada para identificador de vaga. O "e" é utilizado para representar o estado da vaga sendo 0 livre e 1 ocupada. A letra "n" especifica o número de vagas regulares livres, assim como "i" representa o número de vagas livres para idosos e o "d" representa o número de vagas livres para deficientes. Os dois últimos identificadores "a" e "o" representam as coordenadas geográficas latitude e longitude respectivamente. A latitude e longitude são utilizadas pela API do google maps descrita na seção 4.2.

Foi necessário criar um tipo de mensagem específica para autenticação. Esse tipo de mensagem foi definido como tipo 2. Ela tem a seguinte estrutura: {"t": 2, "s": 1, "c": "2182167985", "v": 1}. Sendo "t" o tipo da mensagem; "s" o identificador do setor; "c" o identificador do cartão inserido e "v" o identificador da vaga.

Quando não é realizada a leitura do cartão ou inserido um cartão inválido, ou seja, que não estava cadastrado no sistema é necessário registrar um evento. O formato da mensagem de evento segue a seguinte estrutura: {"t": 3, "s": 1, "v": "1", "y": 1}. Nesse caso, o que muda com relação à mensagem de autenticação é a troca do identificador de cartão "c" para um identificador de tipo de evento "y". Um evento do tipo 1, representa uma vaga na qual não houve autenticação. Uma mensagem de evento do tipo 2 representa um cartão lido mas que não está cadastrado.

O significado de cada letra dos atributos do objeto JSON utilizado para a formatação da mensagem estão descritos na tabela 4.

Tabela 3 – Tipos de mensagens JSON definidas

Tipo mensagem	Descrição	Variação
1	Mensagem de atualização de estado de vaga	-----
2	Mensagem de autenticação	-----
3	Mensagem de evento	1- Autenticação não detectada 2- Cartão inválido

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 – Atributos dos objetos JSON e seu significado

Letra	Descrição	Formato
-------	-----------	---------

t	Tipo de mensagem	Número
s	Identificador do setor	Número
m	Nome do setor	Texto
v	Identificador da vaga	Número
e	Estado da vaga	Número
n	Número de vagas regulares livres	Número
i	Número de vagas de idosos livres	Número
d	Número de vagas de deficientes livres	Número
a	Latitude	Coordenada Geográfica
o	Longitude	Coordenada Geográfica
c	Identificador do cartão RFID	Número
y	Variação do tipo da mensagem	Número

Fonte: Elaborado pelo autor

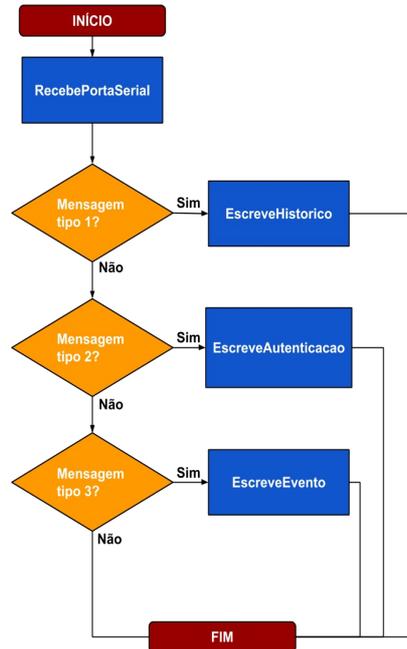
6.8 Tratamento de mensagens

As mensagens JSON enviadas pelo protótipo através do Xbee são recuperadas através de um script em linguagem python (figura 9) que está em execução no computador onde se encontra o coordenador, responsável pela recepção das mensagens. O script verifica o tipo da mensagem JSON e então realiza uma ação específica para aquele tipo de mensagem. No ato da recepção de uma mensagem do tipo 1 é escrita uma entrada na tabela de histórico do banco de dados para que fiquem registradas as mudanças de estado recebidas.

Ao identificar uma mensagem de autenticação, ou seja, uma mensagem do tipo 2, é feita uma verificação na tabela de usuários cadastrados para determinar se o usuário com aquele identificador de cartão tem registro no banco de dados. Caso o usuário esteja cadastrado e tenha um identificador de cartão vinculado ao seu cadastro, é escrito um registro de autenticação. Se não houver entrada na tabela de usuários para o identificador de cartão lido, uma mensagem de evento do tipo 2 é escrita na tabela de eventos.

Se a mensagem for do tipo 3, é escrita somente uma entrada na tabela de eventos. Esse tipo de mensagem é uma detecção de vaga especial que está ocupada mas não recebeu autenticação nos últimos cinco minutos ou um registro de leitura de um cartão não registrado no sistema.

Figura 9 – Fluxograma de ação tomada de acordo com a mensagem recebida

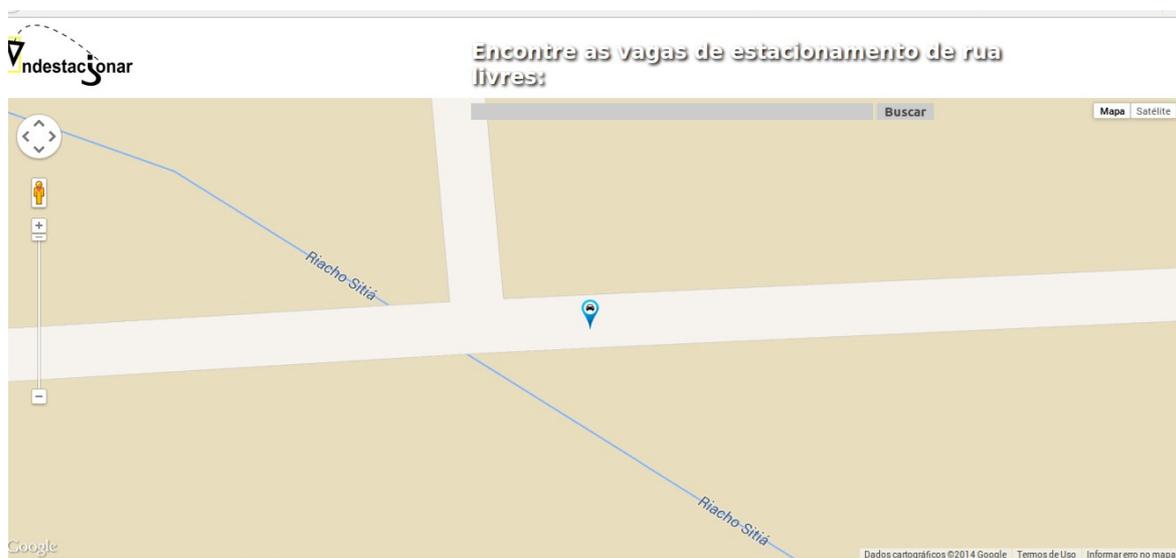


Fonte: Elaborado pelo autor

6.9 Interface de usuário protótipo

Ao desenvolver a interface de usuário demonstrada na figura 10, foi levada em conta a possibilidade de acesso por todos os usuários. Caso fosse feito um aplicativo para telefone celular, a implementação ficaria limitada a uma plataforma, pois não haveria tempo suficiente para desenvolver para todas as plataformas em um espaço tão curto de tempo.

Figura 10 – Interface de usuário protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor

Ao ser desenvolvida para uma plataforma somente (Android, IOS ou Windows phone), os usuários de outra plataforma não poderiam fazer uso de tal aplicativo. Assim sendo, foi decidido que a interface de usuário seria acessada via navegador WEB.

Tal interface foi desenvolvida utilizando parte da API (Interface de programação de aplicações) do *google maps*, na qual é possível utilizar os serviços de mapas desenvolvidos pela empresa Google Inc. Essa API fornece a possibilidade de marcar facilmente pontos em um mapa. Outro benefício é que a aplicação de busca por endereço já vem embutida na interface de programação.

A aplicação é alimentada por uma lista de informações salvas em um arquivo JSON. Esse arquivo contém para cada setor: a quantidade de vagas livres para cada tipo de vaga (regulares e especiais), as informações de coordenadas geográficas, as quais são utilizadas para a colocação de um marcador no mapa e o nome do setor.

A lista de vagas livres em cada setor é atualizada (figura 11) periodicamente através da execução de um programa escrito em linguagem PHP.

O código responsável pela atualização está no mesmo servidor onde está a interface web e é executado remotamente pelo *script* *RecebePortaSerial.py* a cada 1 minuto através do comando *curl*, o qual permite a execução de programas em servidores remotos.

É feita uma consulta ao banco de dados para encontrar as últimas atualizações na tabela histórico para cada setor e a quantidade de vagas de cada tipo disponíveis para cada setor.

Figura 11 – Atualização de vagas disponíveis

```
ajsalmeida@ajsalmeida-PenPop:~/Downloads/python$ python RecebePortaSerial.py
RecebePortaSerial.py:72: SyntaxWarning: name 'horaPassada' is used prior to global declaration
  global horaPassada
RecebePortaSerial.py:81: SyntaxWarning: name 'minutoPassado' is used prior to global declaration
  global minutoPassado #contem o valor do minuto anterior
]Abrindo CONEXAO COM BANCO DE DADOS MYSQL[
[****CONEXAO COM BANCO DE DADOS BEM SUCEDEDA****]
[
{"Id" : 1 , "NumeroVagasRegulares" : 3 , "NumeroVagasIdosos" : 1 , "NumeroVagasDeficientes" : 1 , "nome" : "UFC_A" , "Latitude" : -4.979097 , "Longitud
e" : -39.0564353}
]{"t" : 1 "s" : 1 "m" : "UFC_A" "v" : 3 "v" : 0 "e" : 1 "p" : 2 "i" : 1 "d" : 1 "a" : -4.979097 "o" : -39.0564353}
```

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando um usuário digita o endereço onde deseja ver as vagas disponíveis, a aplicação centraliza no mapa o local buscado. Além disso, os setores de estacionamento encontrados no local informado são exibidos através de marcadores.

O marcador contém informações. Ao clicar em um marcador, aparece o número de vagas disponíveis. É possível ver o número livre de vagas regulares e especiais.

O serviço também oferece a opção de escolher entre a visão do mapa, imagens de satélite ou

google street view (Visão de rua do google), o qual permite visualizar a rua da perspectiva de um motorista ou pedestre.

6.10 Sistema de eventos

Para os eventos que viessem a ocorrer, o sistema conta com a funcionalidade de detecção de falha em nós de sensoriamento de um setor e visualização de infrações. É necessário detectar também as falhas em sensores individuais de cada setor, pois um setor pode não falhar completamente e continuar enviando as mensagens dos sensores que ainda funcionam.

Outro sistema importante é o que mostra as infrações detectadas no sistema. No qual é possível consultar as infrações registradas.

Os subsistemas de detecção de falhas e detecção de infração ficam em um sistema chamado Sisev (figura 12). Este é exclusivo para a realização das duas funções. O sistema está integrado à interface de usuário e pode ser acessado através da colocação de uma barra “/” e o seu nome após o endereço do *site* e o nome do sistema.

Figura 12 – Sistema de eventos



Fonte: Elaborado pelo autor

6.10.1 Sistema de detecção de infrações

Esse subsistema detecta as vagas especiais que estão ocupadas em que ainda não houve leitura de cartão. A detecção é feita por uma consulta no banco de dados, listando os eventos registrados para as vagas especiais nos últimos 5 minutos.

Caso uma vaga apareça na lista, isso significa que esta sofreu uso indevido ou alguém usou um cartão não registrado. É possível verificar a partir desse sistema as possíveis infrações em andamento.

6.10.2 Sistema de detecção de falhas

Redes de sensores assim como outros tipos de redes não são imunes a falhas. Nesse tipo de rede a falha mais comum é o esgotamento de energia do nó sensor. Mas ainda podem ocorrer outros tipos de problemas como falha de *hardware* ou danos causados por animais, pessoas e outros

fatores.

Para detectar falhas no sistema, foi incluído um subsistema de detecção de falhas. Esse sistema é responsável por prover a visualização de falha de um setor e sensores de um setor.

O funcionamento se dá pela consulta no banco de dados das mensagens recebidas nas últimas 24 horas (é configurável). O sistema verifica quais setores e vagas não enviaram mensagens nesse intervalo.

É feita uma varredura por mensagens de atualização de estado nas últimas 24 horas. Para as vagas específicas de cada setor é feita uma verificação também no histórico para determinar quais vagas de quais setores não enviaram mensagens de autenticação há mais de 24 horas. Dessa maneira é possível verificar as falhas de sensores.

7 EXPERIMENTOS

Os testes foram realizados durante 27 horas nos turnos da manhã e tarde no ambiente do estacionamento de automóveis do campus da Universidade Federal do Ceará. O protótipo foi colocado nas vagas mais próximas da entrada para que houvesse maior possibilidade de automóveis estacionarem nelas.

O equipamento colocado no estacionamento continha 5 sensores. Cada sensor foi colocado em uma vaga diferente.

Para esse experimento não foi necessário o uso de roteadores Xbee, já que a distância entre o nó sensor e o nó coordenador possibilitava a comunicação e envio dos dados necessários à aplicação. Roteadores Xbee seriam aplicáveis caso a distância fosse maior que 100 metros, como recomenda o fabricante dos módulos.

Ao verificar que um veículo estacionava em uma vaga especial, era esperado um intervalo de tempo para que o sistema detectasse as infrações de uso não autorizado. Após esse tempo, era realizada a leitura de um cartão não cadastrado no sistema. Dessa forma foi possível registrar as infrações relacionadas a cartões com identificadores não cadastrados.

Logo após a colocação de um cartão não cadastrado, era colocado um cartão cadastrado para que fosse registrada uma autenticação de vaga.

Sendo assim, foi possível a coleta dos dados que foram escritos em um banco de dados do tipo MySQL. O bando de dados continha as seguintes tabelas: “autenticacao”, “evento”, “historico”, “setor”, “vaga” e “usuario”.

8 RESULTADOS

8.1 Mudanças de estado em vagas

Durante os testes foi possível notar que as mudanças de estado de vagas eram captadas e adequadamente processadas pelo computador. A figura 13, mostra o momento do recebimento de uma mensagem de atualização de estado para a vaga 3.

Figura 13 – Recebimento de mudança de estado de vaga

```

]{"t" : 1,"s" : 1,"m" : "UFCA","v" : 3,"y" : 0,"e" : 1,"n" : 2,"i" : 1,"d" : 1,"a" : -4.979097,"o" : -39.0564353}

]Abrindo CONEXAO COM BANCO DE DADOS MYSQL[
[****CONEXAO COM BANCO DE DADOS BEM SUCEDIDA****]
verificando setor...
setor encontrado
Escrita entrada no historico
verificando vaga...
entrada para essa vaga encontrada... nada feito

```

Fonte: Elaborado pelo autor

8.2 Mudança no estado de vagas especiais

O procedimento realizado para as vagas especiais era muito parecido com o de vagas regulares. Mas havia a diferença fundamental de que quando se ocupava uma vaga especial era acionado o leitor RFID e os dispositivos de aviso (Led intermitente e dispositivo de som).

A figura 14 demonstra a recepção da mensagem de atualização para a vaga especial 2. Já a figura 15, demonstra a recepção do identificador do cartão logo após sua leitura.

Figura 14 – Ocupação da vaga especial 2

```

]{"t" : 1,"s" : 1,"m" : "UFCA","v" : 2,"y" : 1,"e" : 1,"n" : 2,"i" : 1,"d" : 0,"a" : -4.979097,"o" : -39.0564353}

]Abrindo CONEXAO COM BANCO DE DADOS MYSQL[
[****CONEXAO COM BANCO DE DADOS BEM SUCEDIDA****]
verificando setor...
setor encontrado
Escrita entrada no historico
verificando vaga...
entrada para essa vaga encontrada... nada feito

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15 – Recepção do identificador do cartão

```

]{"t" : 2,"s" : 1,"c" : "2182167985", "v" : 2}

]Abrindo CONEXAO COM BANCO DE DADOS MYSQL[
[****CONEXAO COM BANCO DE DADOS BEM SUCEDIDA****]
id encontrada
verificando autenticacao...
autenticacao nao existe
autenticacao escrita na tabela de autenticacao

```

Fonte: Elaborado pelo autor

8.3 Recebimento das mensagens de eventos

Como mencionado antes, se alguém não fizesse a leitura do cartão em um intervalo de 5

minutos após a vaga ser ocupada, mensagens de evento começavam a ser enviadas em intervalos de 5 minutos. A figura 16, mostra o recebimento de uma mensagem de evento do tipo 1, que representa uma vaga ocupada e não autenticada.

Figura 16 – Recebimento de mensagem de evento do tipo 1

```

entrada para essa vaga encontrada... nada feito
{"t" : 1,"s" : 1,"m" : "UFCA","v" : 2,"y" : 1,"e" : 1,"n" : 2,"i" : 1,"d" : 0,"a" : -4.979097,"o" : -39.0564353}

]Abrindo CONEXAO COM BANCO DE DADOS MYSQL[
[****CONEXAO COM BANCO DE DADOS BEM SUCEDIDA****]
verificando setor...
setor encontrado
Escrita entrada no historico
verificando vaga...
entrada para essa vaga encontrada... nada feito
{"t" : 3,"s" : 1,"v" : 2,"y" : 1}

]Abrindo CONEXAO COM BANCO DE DADOS MYSQL[
[****CONEXAO COM BANCO DE DADOS BEM SUCEDIDA****]

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao verificar que se tratava de uma mensagem de evento, o computador escrevia esse registro na tabela de eventos do banco de dados.

Os eventos do tipo 2, os quais representavam leituras de identificadores de cartões não cadastrados também foram registrados. A figura 17 demonstra como foi feita essa recepção. A detecção dessa vez não é feita pelo envio de uma mensagem do protótipo para o nó coordenador e sim por uma verificação no banco de dados de usuários.

Figura 17 – Recepção de mensagem de evento do tipo 2

```

setor encontrado
Escrita entrada no historico
verificando vaga...
entrada para essa vaga encontrada... nada feito
{"t" : 2,"s" : 1,"c" : "1142345778" ,"v" : 2}

]Abrindo CONEXAO COM BANCO DE DADOS MYSQL[
[****CONEXAO COM BANCO DE DADOS BEM SUCEDIDA****]
id nao encontrada
cartao nao cadastrado detectado

```

Fonte: Elaborado pelo autor

8.4 Atualizações na interface de usuário

Figura 18 – Atualização na interface de usuário para a mensagem de atualização



Fonte: Elaborado pelo autor

Durante os testes a interface de usuário era atualizada de minuto a minuto. Sendo assim, se uma alteração ocorresse, a interface de usuário mostraria. A figura 18 mostra a atualização para a mensagem recebida anteriormente e exibida na figura 14.

Além do mapa convencional a interface de usuário conta com imagens de satélite. Estas estão demonstradas na figura 19.

Figura 19 – Atualização com imagens de satélite



Fonte: Elaborado pelo autor

8.5 Tempo ocupado sem autenticação

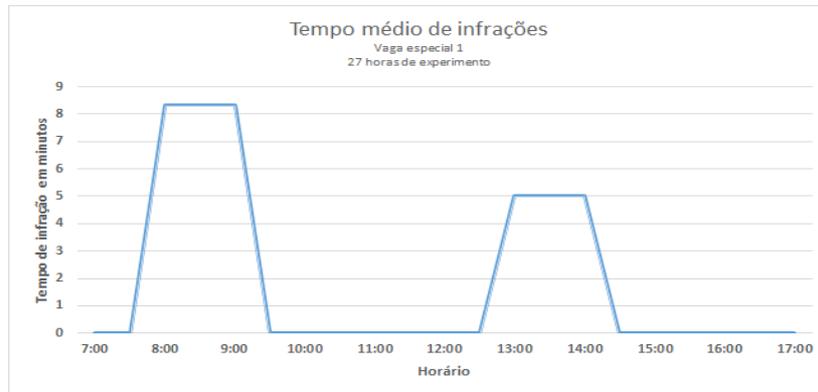
A partir dos gráficos feitos com os dados coletados no ambiente de aplicação do protótipo é possível ver que as leituras dos cartões RFID funcionaram e ainda é possível ter uma ideia do tempo médio em que as vagas especiais 1 e 2 ficaram ocupadas e sem receber autenticação.

No gráfico 1, o qual mostra o tempo médio de infração na vaga especial 1, os horários com maior incidência de tempo em infração foram entre as 07:30 da manhã e 09:30 da manhã e entre 12:30 e 14:30.

No gráfico 2 é possível ver que das 07:00 da manhã até as 09:00 e entre 12:00 e 14:30 foram registradas vagas sendo usadas sem autorização.

Sendo assim, como é possível saber em que horários existem maior número de infrações, uma sugestão de uso das informações abordadas nos gráficos seria fiscalizar as vagas em horários estratégicos de forma a aumentar a probabilidade de multar algum infrator.

Gráfico 1 – Tempo médio de infração para vaga especial 1



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2 – Tempo médio de infração para a vaga especial 2



Fonte: Elaborado pelo autor

8.6 Ocupação de vagas

Ao analisar o gráfico 3 é possível ver a movimentação de veículos nas vagas durante as 27 horas de experimento. Pode-se notar que no início do dia o número de vagas livres é igual ao número total de vagas.

Gráfico 3 – Número de vagas livres ao decorrer do horário



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir das 7:30 nota-se que as vagas começam a ser ocupadas. Essa situação permanece até as 8:30, quando o valor se estabiliza e continua assim até as 11:00.

As 11:30 há um leve aumento na média de vagas livres, o que pode ser explicado por ser horário de almoço e algumas pessoas saem para almoçar no centro de cidade.

Após a pequena ascensão de vagas livres, temos às 12:00 o retorno aos valores registrados anteriormente. Posteriormente, às 14:30 o cenário atingiu o menor número de vagas disponíveis.

O número de vagas ocupadas começou a decair a partir das 15:00 e continuou a cair até o fim do período de testes.

Através da análise desse gráfico é possível perceber que podem ser vistos os horários com maior incidência de vagas livres. Dessa maneira, a sugestão que se pode dar é que os usuários tenham acesso a essas informações, sendo capazes de tomar decisões acerca do melhor horário para ir aos seus lugares de interesse analisando em tempo real através do sistema e através do histórico de ocupação.

8.7 Relação entre o tempo em infração e o tempo autenticado

Gráfico 4 – Intervalos de infração e infração vaga especial 1



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 5 – Intervalos de infração e não infração vaga especial 2



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi possível coletar dados relativos aos intervalos de tempo onde a vaga estava ocupada sem autenticação e com autenticação ou livre.

No gráfico 4 que representa a vaga especial 1 é possível notar que os períodos onde houve pelo menos uma detecção de infração foram entre 07:00 da manhã e 09:30 da manhã e entre 11:30 e

14:30.

Já no gráfico 5 o qual representa a vaga especial 2 nota-se também que foram registrados períodos parecidos mas com pequenas mudanças.

O que pode ser analisado é que a vaga 1 teve o tempo de ocupação em infração menor que a vaga 2. Ficando em estado de infração das 07:30 às 09:30 e das 12:30 às 14:30.

Assim como na seção 6.5, pode-se notar que existem horários com maior incidência de infrações. Sendo assim continua a sugestão de verificar que horários seriam melhores para realizar as fiscalizações.

Quanto aos gráficos de tempo ocupado sem autorização (seção 5.1), uma sugestão seria fazer as fiscalizações nos momentos mais oportunos os quais se podem ver nos gráficos. Isso aumentaria a probabilidade de aplicação de multas para os motoristas infratores.

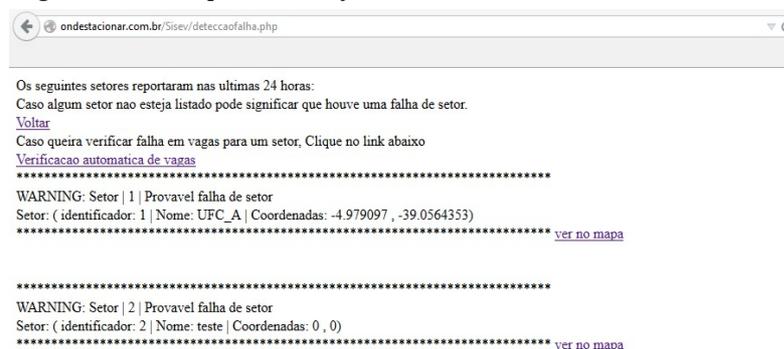
Já sobre os gráficos da seção 5.2, os quais mostram os horários com mais e menos vagas disponíveis se sugere fazer com que essas informações fiquem disponíveis aos usuários. Dessa maneira estes poderão escolher a melhor hora para se deslocar baseados no histórico de um setor.

8.8 Sistema de detecção de falhas

Através do sistema de detecção de falhas foi possível detectar possíveis falhas de sensores e setores inteiros baseando-se no tempo das últimas mensagens recebidas para cada setor e para cada vaga de cada setor. A figura 20 mostra a detecção possíveis falhas para setores do sistema.

Dessa forma, seria interessante que uma ou mais pessoas ficassem responsáveis por visualizar no sistema de falhas quais nós estariam falhos para realizar os reparos necessários, seja troca de bateria, transceptor ou outros componentes do nó sensor.

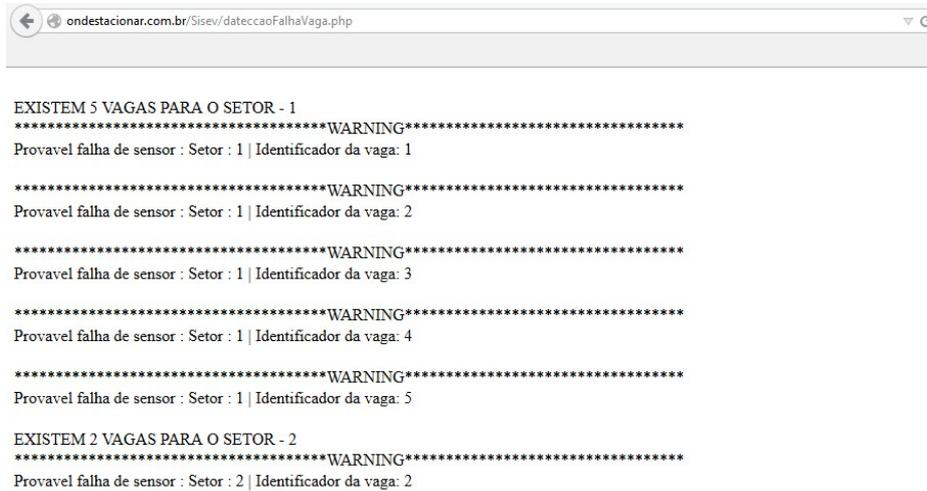
Figura 20 – Exemplo de detecção de falha em setor



Fonte: Elaborado pelo autor

Já na figura 21 é possível ver a detecção para as vagas de cada setor. Nos dois casos é possível ser redirecionado a um link contendo o mapa com a localização do possível problema. Essa funcionalidade é possível graças as coordenadas geográficas contidas na tabela de setores.

Figura 21 – Exemplo de detecção de falha de sensores



```

ondestacionar.com.br/Sisev/dateccaoFalhaVaga.php

EXISTEM 5 VAGAS PARA O SETOR - 1
*****WARNING*****
Provavel falha de sensor : Setor : 1 | Identificador da vaga: 1

*****WARNING*****
Provavel falha de sensor : Setor : 1 | Identificador da vaga: 2

*****WARNING*****
Provavel falha de sensor : Setor : 1 | Identificador da vaga: 3

*****WARNING*****
Provavel falha de sensor : Setor : 1 | Identificador da vaga: 4

*****WARNING*****
Provavel falha de sensor : Setor : 1 | Identificador da vaga: 5

EXISTEM 2 VAGAS PARA O SETOR - 2
*****WARNING*****
Provavel falha de sensor : Setor : 2 | Identificador da vaga: 2

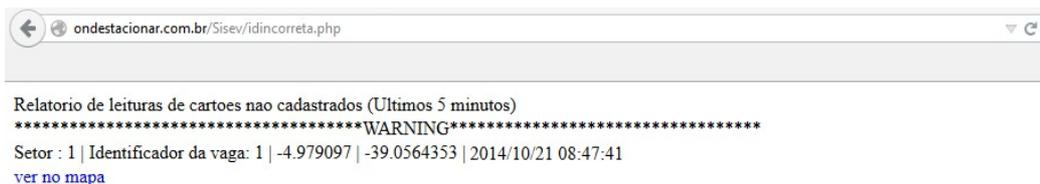
```

Fonte: Elaborado pelo autor

8.9 Sistema de detecção de infração

O sistema de detecção de infração pode mostrar as infrações mais recentes detectadas. Na figura 22, é possível ver registrada a detecção de uma leitura de cartão inválido para a vaga 1 do setor 1.

Figura 22 – Infrações detectadas



```

ondestacionar.com.br/Sisev/idincorreta.php

Relatorio de leituras de cartoes nao cadastrados (Ultimos 5 minutos)
*****WARNING*****
Setor : 1 | Identificador da vaga: 1 | -4.979097 | -39.0564353 | 2014/10/21 08:47:41
ver no mapa

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Além da detecção de cartão não cadastrado o sistema detectou as vagas nas quais não foi detectada autenticação. A figura 23 mostra uma detecção para a vaga 1 do setor 1. Nesse caso, às 8:51 do dia 21/10/2014.

Figura 23 – Detecção de vagas sem autenticação



```

ondestacionar.com.br/Sisev/naoautenticado.php

RelatÁrio de vagas sem autenticar:
Voltar
*****
Identificador do Setor : 1 Identificador da vaga : 1 Nome do setor : UFC_A Latitude : -4.979097 Longitude : -39.0564353 Dia e hora do evento : 2014/10/21 08:51:50 ver no mapa

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma sugestão de ação a ser tomada pelas autoridades ao ser registrada uma infração seria o envio de uma viatura para o local onde a infração ocorreu. Essa viatura seria escolhida de acordo com a distância do local da detecção.

9 CONCLUSÃO

As propostas principais desse trabalho foram a criação de uma ferramenta que possibilitasse não somente as informações de vagas disponíveis em estacionamento, mas também prover um mecanismo que detectasse o uso indevido de vagas especiais destinadas a deficientes e idosos.

Era esperado ainda que o sistema mostrasse as infrações em ocorrência de modo a possibilitar ações no momento em que elas ocorrem e um histórico onde seria possível visualizar os melhores horários para fazer fiscalizações.

Essas funcionalidades tiveram o propósito de contribuir a longo prazo com a diminuição do uso indevido de vagas, da emissão de poluentes na atmosfera e do desperdício de recursos durante a busca por vagas de estacionamento. Além disso, o número de multas cresceria devido às fiscalizações feitas de forma mais eficiente.

Apesar de não ser o objeto de estudo do presente trabalho, foi verificado que para o banco de dados remoto as mensagens de atualização por algumas vezes falharam. O principal motivo seria a rede a qual o computador que provia as atualizações estava conectado.

O que se pode verificar com isso é que a aplicação deve utilizar um tempo de *timeout* maior para a conexão com o banco de dados remoto para que não sejam perdidas atualizações na plataforma online e utilizar a rede com maior nível de confiança possível. Além do mais, poderia ser adicionada uma funcionalidade que permitisse o uso de dois bancos de dados, sendo um local e outro remoto, e os dois sincronizados.

10 TRABALHOS FUTUROS

Um aspecto importante que se observou é que poderia ser feita uma solução para identificar não somente o usuário, mas também o veículo, possibilitando a emissão da multa no momento em que a infração é detectada.

A bateria utilizada no experimento foi suficiente para tal, mas em redes de sensores ainda é um problema a questão do consumo energético. Assim, seria interessante uma funcionalidade que proporcionasse menor consumo de energia pelos nós utilizados no sistema, de modo a aumentar o tempo de vida da rede.

Os experimentos levaram a conclusões que deram ideias de trabalhos futuros. Um deles seria adicionar um sistema que possibilite a sincronização de banco de dados local/remoto,

Outro trabalho a ser feito futuramente seria o desenvolvimento de uma solução para identificação de veículos e não somente de usuários para emissão de multas em tempo real para os condutores que venham a estacionar em vagas especiais sem ter o direito de fazê-lo e uma solução que torna possível a economia de energia nesse sistema informativo.

REFERÊNCIAS

ALAPARTHI, N; PARVATANENI S.R. : **WSN and IP based Parking Management System**. In: International Conference of Sensing Technology(ICST). n. 6th, 2012, Vignan Institute of Technology and Science. Disponível em:<<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6461716>> Acesso em: 25 set. 2014.

ARDUINO. **Arduino Products**. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/Products>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

BECHINI, A. et al. **A Mobile Application Leveraging QR-Codes to Support Efficient Urban Parking**. In: Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT). n. 3rd, 2013, Palermo. International Federation for Information Processin, 2013. p. 1-3. Disponível em:<<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6685203&queryText=%3DA+Mobile+Application+Leveraging+QR-Codes+to+Support+Efficient+Urban+Parking>>. Acesso em: 25. mar. 2014.

CET. Companhia de Engenharia de Tráfego – Notícias [Internet]. **CET monta operação especial de fiscalização em áreas de zona azul**. nov., 2013. Disponível em:<<http://www.cetsp.com.br/noticias/2013/11/01/cet-monta-operacao-especial-de-fiscalizacao-em-areas-de-zona-azul.aspx>> Acesso em:30 mar. 2014 .

CONTRAN, **RESOLUÇÃO 303 DE 18 DE DEZEMBRO DE 2008**. 2008. 6p. Disponível em: <www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>Acesso em: 28 mar. 2014.

CONTRAN, **RESOLUÇÃO 304 DE 18 DE DEZEMBRO DE 2008**. 2008. 5p. Disponível em: <www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>Acesso em: 28 mar. 2014.

DIGI. Disponível em:<http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_P.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2014.

ECMA-INTERNACIONAL. Standard ECMA-404, **The JSON Interchange Format**. 1st ed. Genebra, 2013. Disponível em: <<http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>> Acesso em: 30 mar. 2014.

GONÇALVES, VITOR; MARTINS, RUI; REIS, VITOR. **Redes de Sensores Sem Fios**. 2012. Disponível em: <"<http://pagina-pessoal.host-ed.me/Resources/RSSF/RSSF.pdf>>. Acesso em: 28 out 2014.

HERNANEZ, R. **Oficina de Arduino**. Campinas: Unicamp, 2012. Disponível em:<http://www.fem.unicamp.br/~automatica/apostila_arduino.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2014.

KEHOE, M. et al. **Smarter Cities Series: A foundation for Understanding IBM Smarter Cities**. IBM Red Guide Publication, 2011. Disponível em:<<http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp4733.pdf>>. Acesso em: 26. mar. 2014.

LOUREIRO, ANTONIO AF et al. **Redes de sensores sem fio**. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC). 2003. p. 179-226. Disponível em:<"http://www.sensornet.dcc.ufmg.br/publica/pdf/179_Loureiro_Nogueira_Ruiz_Mini_Nakamura_Figueiredo.pdf>. Acesso em: 25 out. 2014.

MARILLEAU, N. et al. **A Meta-Model Of Group for Urban Mobility Modeling**. Laboratoire d'Informatique de l'universite de F'rmche-Comte, 2005. Disponível em:<<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=1505380&queryText%3DA+Meta-Model+Of+Group+For+Urban+Mobility+Modeling>> Acesso em: 25 mar. 2014.

MAYALARP, V. **Wireless mesh networking with XBee**. In: 2nd ECTI-Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2010), Pattaya, Chonburi, Thailand. 2010. p. 10-12. Disponível em:<http://www2.siit.tu.ac.th/somsak/pub/final_ZBNetwk_100328.pdf> Acesso em 27. out 2014.

MILANI, André. **MySQL-guia do programador**. Novatec Editora, capítulo 1. 2007. Disponível em:<<http://www.novateceditora.com.br/livros/mysqlcompleto/capitulo8575221035.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2014.

Mobilidade e política urbana: subsídios para uma gestão integrada. Rio de Janeiro: IBAM; Ministério das Cidades, 2005. Disponível em <<http://www.observatorioseguranca.org/documentos/METODOLOGIA%202011/Aula%204%202011/Biblioteca%20da%20Secretaria%20Nacional%20de%20Transporte%20e%20Mobilidade%20Urbana/Mobilidade%20e%20Pol%Edtica%20Urbana%20-%20Gest%3o%20Integrada.pdf>>. Acesso em 26. mar. 2014.

NARAYANAN, A. Sankara. **QR Codes and Security Solutions.** International Journal of Computer Science and Telecommunications, v. 3, n. 7, p. 69, 2012. Disponível em: <http://www.ijcst.org/Volume3/Issue7/p13_3_7.pdf>. Acesso em 26. out 2014.

OMNI-ID. **An introduction to Rfid.** 2009. Disponível em: <<https://www.omniid.com/pdfs/Intro-to-Radio-Frequency-Identification-Systems-and-RFID-Tags.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2014.

QINGRUI X; ZHIYAN W. **A Study on Strategy Schema for Smart Cities Based on the Innovation Driven.** In: International Symposium on Management of Technology, (ISMOT). n. 1st, 2012, Hangzhou. School of Management, Zhejiang University. P. 313 - 315. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6679483&queryText%3DA+Study+on+Strategy+Schema+for+Smart+Cities+Based+on+the+Innovation+Driven>>. Acesso em 26. mar. 2014.

ROCHA, A. et al. **WSNs clustering based on semantic neighborhood relationships.** Computer Networks Journal, p. 1627-1645, Elsevier, Jan. 2012.

ROGERCOM. **Controle remoto e aquisição de dados via Xbee/ZigBee (IEEE 802.15.4).** Disponível em: <<http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2014

SFpark: Putting Theory into Practice, Post-launch implementation summary and lessons learned. SFMTA, Municipal Transport Agency, 2011. Disponível em: <http://sfpark.org/wp-content/uploads/2011/09/sfpark_aug2011projsummary_web-2.pdf>. Acesso em 25. mar. 2014

UTL. MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA. **Cadeira de transportes, estacionamento.** Disponível

em:<[https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779576702788/Estacionamento\[1\].pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779576702788/Estacionamento[1].pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2014

WARD M., van Kranenburg R. RFID: **Frequency, standards, adoption and innovation**. **JISC Technology and Standards Watch**, mai, 2006. Disponível em: <http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/TSW0602.pdf> Acesso em: 25 mar. 2014

WENDLING M. **Sensores**. Colégio técnico de Guratinguetá. UNESP, 2008. Disponível em:<<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 23. mar. 2014

YANFENG G. **A New “Smart Parking” System Based on Optimal Resource Allocation and Reservations**. In: International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. n. 14th, 2011, Washington. Boston University. P. 1129 – 1139. Disponível em:<<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6492250&queryText=%3DA+New+“Smart+Parking”+System+Based+on+Optimal+Resource+Allocation+and+Reservations>>. Acesso em 26. mar. 2014.