



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Artes, Ciências e Humanidades

Thyago Ribeiro dos Santos

**Desenvolvimento de aplicação para smartphones Android
para descoberta de pontos de interesse utilizando sistema
de posicionamento Wi-Fi aliado a técnicas de *machine
learning***

São Paulo

Junho de 2018

Universidade de São Paulo
Escola de Artes, Ciências e Humanidades

Thyago Ribeiro dos Santos

**Desenvolvimento de aplicação para smartphones Android
para descoberta de pontos de interesse utilizando sistema
de posicionamento Wi-Fi aliado a técnicas de *machine
learning***

Monografia apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos exigidos na disciplina ACH 2017 – Projeto Supervisionado ou de Graduação I, para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Área de Concentração: 10303049 – Sistemas de Informação

Orientador: Prof. Dr. Fábio Nakano

Modalidade: TCC Curto (1 semestre) - individual

São Paulo

Junho de 2018

Nome: SANTOS, Thyago Ribeiro dos

Título: Desenvolvimento de aplicação para smartphones Android para descoberta de pontos de interesse utilizando sistema de posicionamento Wi-Fi aliado a técnicas de *machine learning*

Monografia apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos exigidos na disciplina ACH 2017 – Projeto Supervisionado ou de Graduação I, para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Glossário

BSSID: *Basic Service Set Identifier* – Identificador único que segue as convenções do endereço MAC.

GPS: *Global Positioning System* – Sistema de posicionamento baseado em satélites.

POI: *Point of Interest* – Localização de algo que possa ser de interesse para alguém.

QRCode: *Quick Response Code* – Código de barras bidimensional.

REST: *Representational State Transfer* – Estilo arquitetural que define propriedades e restrições baseadas no protocolo HTTP.

RSSI: *Received Signal Strength Indication* – Medida de potência de sinais de rádio em decibéis.

SSID: *Service Set Identifier* – Nome da rede Wi-Fi.

Weka: *Waikato Environment for Knowledge Analysis* – Pacote de software que contém diversas técnicas de *machine learning*.

Wi-Fi – Tecnologia de rede local sem fios baseada no padrão IEEE 802.11.

WPS: *Wi-Fi Positioning System* – Sistema de posicionamento baseado em redes Wi-Fi.

WSML: *Web Service Modeling Language* – Linguagem de definição de ontologias do modelo conceitual WSMO.

WSMO: *Web Service Modeling Ontology* – Modelo conceitual para descrever os aspectos relevantes de Web services.

Resumo

Existem diversas formas de deduzir a posição de dispositivos, porém os problemas mais recorrentes são: precisão limitada, não atuar satisfatoriamente em ambientes fechados, não detectar a latitude em que o dispositivo se encontra e depender de instalações de outros dispositivos no ambiente, o que aumenta os custos de funcionamento. Um sistema que solucione estes problemas pode trazer novas possibilidades tanto ao mercado de produtos quanto ao âmbito acadêmico. Este projeto teve como proposta coletar dados de redes Wi-Fi pelo campus USP Leste onde há pontos de interesse para depois aplicar sobre estas técnicas de *machine learning* a fim de inferir a localização de dispositivos.

Os resultados deste trabalho se mostraram satisfatórios, sendo capaz até mesmo de classificar corretamente pontos localizados em andares diferentes de um mesmo prédio, e mostra que o sistema de posicionamento Wi-Fi revela ser uma boa maneira de descobrir a localização de dispositivos se aliado a outras técnicas e utilizado em cenários com uma grande oferta de redes sem fio.

Palavras chaves: Ponto de Interesse, Sistema de Posicionamento Wi-Fi, *Machine Learning*

Abstract

There are several ways to deduce the position of devices, but the most recurring problems are: limited accuracy, not working satisfactorily indoors, not detecting the latitude the device is in and relying on installations of other devices in the environment, which increases the operating costs. A system that solves these problems can bring new possibilities both to the market of products and to the academic scope. This project had the purpose of collecting data from Wi-Fi networks of USP Leste campus, where there are points of interest, to apply machine learning techniques in order to infer the location of devices.

The results of this work were satisfactory, being able to even correctly classify points located on different floors of the same building and shows that the Wi-Fi positioning system proves to be a good way of discovering the location of devices if allied with other techniques and used in scenarios with a great offer of wireless networks.

Keywords: Point of Interest, Wi-Fi Positioning System, Machine Learning

Lista de Figuras

Figura 1: Tela principal.....	9
Figura 2: Escolha de algoritmo de classificação.....	10
Figura 3: Escolha de intervalo de descoberta	10
Figura 4 Descoberta em frente ao ponto de interesse “Laboratório de Informática”	12
Figura 5 Descoberta em frente do ponto de interesse “Banco para sentar 1”	12
Figura 6: Descoberta em frente do ponto de interesse “Sala 101”	13
Figura 7: Descoberta em frente do ponto de interesse “Sala 102”	13
Figura 8: Descoberta em frente do ponto de interesse “Sala 201”	14
Figura 9: Descoberta longe de redes coletadas	14
Figura 10: Cabeçalho de Ontologia	19
Figura 11: Definição do conceito de ponto de interesse	19
Figura 12:Definição de conceito de dados Wi-Fi	19
Figura 13: Exemplo de instância de ponto de interesse.....	20
Figura 14: Exemplo de instância de dados Wi-Fi.....	20
Figura 15: Exemplo de código para Weka.....	21

Lista de Tabelas

Tabela 1: Pontos de Interesse.....	23
------------------------------------	----

Sumário

1	Introdução	1
2	Objetivos	3
2.1	Objetivo Geral	3
2.2	Objetivos Específicos	3
3	Revisão Bibliográfica	4
3.1	Wi-Fi.....	4
3.2	Fingerprinting	4
3.3	Ponto de Interesse	4
3.4	QRCode	5
3.5	REST	5
3.6	Weka.....	5
3.7	Algoritmos Classificadores.....	5
3.7.1	J48.....	6
3.7.2	K* (K Estrela).....	6
3.7.3	KNN.....	6
3.7.4	Naive Bayes	6
3.7.5	OneR (One Rule)	6
3.8	WSMO.....	7
4	Metodologia	8
5	Resultados	9
6	Discussão	15
7	Conclusão.....	16

8	Referências Bibliográficas	17
9	APÊNDICE A – Ontologias	19
10	APÊNDICE B – Arquivo utilizado pelo Weka	21
11	APÊNDICE C – Pontos de Interesse coletados	22
12	APÊNDICE D – Código-fonte e instalação do aplicativo	24

1 Introdução

Existem diversas maneiras de deduzir o posicionamento de dispositivos (GU; LO; NIEMEGER, 2009). A mais conhecida é utilizando o GPS (em inglês Global Positioning System), sistema que funciona bem em ambientes abertos e em situações em que a localização exata do dispositivo não precisa ser medida com exatidão, uma vez que a precisão deste método é de aproximadamente 4.9 metros (VAN; ENGE, 2015). Quando dentro de ambientes fechados o GPS não possui boa performance, pois seus sinais são atenuados pelas construções do edifício, além de não ser capaz de inferir a altura do dispositivo (andares de um prédio, por exemplo).

O uso de sensores e emissores de sinais, como etiquetas RFID ou beacons Bluetooth (WANG et al., 2017), instalados nos locais podem oferecer uma maior precisão e ainda permitem demarcar pontos de interesse, porém o uso destes dispositivos implica em gastos e demanda manutenção. Também é possível utilizar sensores dentro do dispositivo do qual deseja-se obter a localização, como os acelerômetros e giroscópios, porém estes caem nos mesmos impasses do GPS.

Com a popularização das redes Wi-Fi para acesso à Internet no espaço urbano é possível utilizá-las junto a diferentes técnicas para determinar a localização de smartphones em relação a pontos de interesse com boa precisão, incluindo dedução de altura. Isto também pode ser feito com baixo custo, uma vez que todos os dispositivos já estão instalados e as informações das redes são públicas.

O uso de sinais Wi-Fi para este propósito não é algo novo. Alguns dos principais serviços mapas virtuais armazenam os dados das redes Wi-Fi em conjunto das localizações obtidas através do GPS para inferir a localização de dispositivos quando esta segunda tecnologia não está disponível. Entretanto este sistema híbrido herda os problemas do GPS.

Lucas Kenji Gashu (2017), em sua monografia apresentada neste curso, realizou testes de um sistema de localização baseado em fingerprinting, uma técnica onde se compara dados de redes Wi-Fi para determinar onde o dispositivo se encontra. Seu objetivo era treinar os algoritmos classificadores naive Bayes e KNN utilizando um conjunto de dados coletado nas

dependências do campus USP Leste. Gashu comparou a performance dos dois algoritmos e concluiu que estes apresentam bons resultados em cenários internos.

Um sistema de posicionamento Wi-Fi pode ser utilizado em assistentes de navegação, dando mais autonomia para cegos ao caminharem dentro de um edifício, por exemplo. Este tema é estudado por um grupo de pesquisadores das unidades EACH e Poli da Universidade de São Paulo que procura soluções para cidades inteligentes inclusivas (DE OLIVEIRA NETO; SILVA; NAKANO; PÉREZ-ÁLCAZAR; KOFUJI, 2018). O autor desta proposta de projeto contribui com este grupo com um trabalho de iniciação científica no qual desenvolve um sistema que guia deficientes visuais em um ambiente inteligente utilizando conceitos de web semântica, armazenando informações de pontos de interesse e preferências dos usuários em ontologias. O sistema guia os usuários ao detectar QRCodes no ambiente. Este sistema não conta com o uso de posicionamento Wi-Fi.

Este trabalho consiste na construção de uma aplicação Android que colete dados de redes Wi-Fi a todo momento, envie-os para um servidor que os trate com algoritmos de *machine learning* e lhe devolva informações dos pontos de interesse mais próximos do dispositivo.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma aplicação para smartphones de sistema operacional Android que armazena um conjunto de dados de redes Wi-Fi (intensidades de sinais, endereços MAC e nomes das redes) que permeiam pontos de interesse na USP Leste e então aplica técnicas de *machine learning* nestes dados para inferir o posicionamento de dispositivos no campus, retornando informações de pontos de interesse próximos. Este projeto também tem como objetivo contribuir com a validação da arquitetura da proposta que está sendo desenvolvida pelo grupo de pesquisas de cidades inteligentes inclusivas.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Desenvolver aplicação que coleta dados de redes Wi-Fi;
- Desenvolver servidor adaptável a diversas técnicas de *machine learning*;
- Relacionar dados de redes Wi-Fi a pontos de interesse já cadastrados na base de dados;
- Inferir localização de dispositivo utilizando dados de redes Wi-Fi previamente coletados e então exibir informações dos pontos de interesse próximos no dispositivo;
- Contribuir com a validação da arquitetura do projeto que está sendo desenvolvido pelo grupo de pesquisadores da USP que procura soluções para cidades inteligentes inclusivas.

3 Revisão Bibliográfica

São apresentados neste capítulo tecnologias, ferramentas e conceitos estudados e empregados no desenvolvimento deste projeto.

3.1 Wi-Fi

Wi-Fi é uma marca que foi registrada em 1999 pela Wi-Fi Alliance, uma associação que certifica produtos que utilizam tecnologia de rede local sem fios baseada no padrão IEEE 802.11. Apesar de contar com vários mecanismos de segurança, os sinais Wi-Fi fornecem algumas informações publicamente para permitir que os usuários a reconheçam e saibam quão eficiente será a comunicação feita por ela. Dentre as informações destaca-se o SSID (*Service Set Identifier*), nome da rede dado pelo usuário; o BSSID (*Basic Service Set Identifier*), identificador único do ponto de acesso dado pela fabricante e que segue as convenções do endereço MAC; RSSI (*Received Signal Strength Indication*), medida de potência de sinais de rádio em decibéis.

3.2 Fingerprinting

Procedimento que identifica uma cadeia de bits em um conjunto de dado, permitindo a dedução de algo. Dentre as diversas técnicas de *fingerprinting* destaca-se a que utiliza as intensidades de sinais de redes Wi-Fi para descobrir o posicionamento de um dispositivo. Isto é feito em duas etapas: na primeira coleta-se os dados de redes Wi-Fi associando-os à localização. Na segunda, compara as redes Wi-Fi que permeiam o dispositivo do qual deseja-se saber a posição com as redes que já foram armazenados, observando as intensidades dos sinais.

3.3 Ponto de Interesse

Ponto de Interesse é uma localização específica que pode fornecer informações importantes para pessoas ou computadores. Pode ser representado por coordenadas geográficas em um mapa ou um modelo 3D de uma construção. São muitas as informações que os pontos de interesse podem fornecer, como nome, descrição, horário de funcionamento, localização (utilizado para sistemas de navegação passo a passo) e até mesmo publicidade.

3.4 QRCode

QRCode (*Quick Response Code*) é um código de barras bidimensional que armazena pequenas quantidades de informação e pode ser lido utilizando dispositivos com câmeras, como *smartphones*. Foi desenvolvido em 1994 pela Denso Wave, uma companhia japonesa.

O QRCode é muito utilizado para prover informações sobre um item no qual ele está instalado, como no controle de estoque em indústria e comércio.

3.5 REST

Descrito por Roy Thomas Fielding em 2000, o REST (*Representational State Transfer*) é um estilo de arquitetura que define um conjunto de princípios que garantem portabilidade, escalabilidade e desacoplamento para sistemas de hipermídia distribuídos.

O REST define quais recursos serão consumidos e providos pelo sistema através de URIs (*Uniform Resource Identifier*) e para manipulá-los utiliza métodos HTTP (POST, GET, PUT, DELETE, etc).

Os sistemas que seguem os princípios REST são chamados RESTful.

3.6 Weka

Desenvolvido em 1993 na Universidade de Waikato, Nova Zelândia, o Weka (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) é um pacote de software feito em Java que agrega diversos algoritmos de aprendizado de máquina (PAL; FRANK; HALL; WITTEN, 2016).

3.7 Algoritmos Classificadores

Em *machine learning*, algoritmos de classificação possuem aprendizado supervisionado, isto é, cada conjunto de exemplo possui uma saída, chamada de classe ou rótulo. O objetivo do algoritmo é aprender uma regra baseada nos exemplos fornecidos para tomar decisões precisas. Além disso, algoritmos de classificação possuem saída discreta, ou seja, as variáveis de entrada são mapeadas em categorias distintas.

Dentre diversos algoritmos de classificação oferecidos pelo Weka, cinco foram escolhidos para serem implementados neste projeto. São eles:

3.7.1 J48

Implementação do algoritmo C4.5 feita em Java para o pacote de software Weka. Utiliza o conceito de entropia para construir árvores de decisão, escolhendo entre os atributos de dados os que fornecem o maior ganho de informação.

3.7.2 K* (K Estrela)

K* é um algoritmo que classifica uma entrada baseado em classes de exemplos semelhantes a ela conforme determinado por alguma função de similaridade. Ele difere de outros classificadores baseados em instâncias porque usa uma função de distância baseada em entropia (CLEARY; TRIGG, 1995).

3.7.3 KNN

Proposto por Fukunaga e Narendra em 1975, o algoritmo KNN (*K nearest neighbours*) utiliza reconhecimento de padrões para classificação. Não leva em consideração a distribuição de probabilidades de conjunto. Consiste na determinação do rótulo de uma entrada baseada nas k amostras mais próximas, retornando a classe com maior frequência dentre estes k vizinhos.

3.7.4 Naive Bayes

Algoritmo probabilístico baseado no Teorema de Bayes. Desconsidera a correlação entre atributos, assumindo que estes são independentes. Trabalha calculando a probabilidade da amostra pertencer a uma classe dada a frequência em que esta classe aparece no conjunto de exemplos.

3.7.5 OneR (One Rule)

O OneR é um algoritmo de classificação que escolhe o atributo único mais informativo e baseia a regra apenas nesse atributo (HOLTE, 1993).

3.8 WSMO

A Web Semântica, proposta pelo criador da Web, Tim Berners-Lee, tem como objetivo fornecer dados com estruturas e significados bem definidos, permitindo que possam ser processados e interpretados computacionalmente, permitindo assim que as máquinas tenham um papel mais ativo no consumo de dados e não apenas na transmissão de informação para consumo humano. Para alcançar esse objetivo, a Web Semântica possui alguns conceitos, dos quais destaca-se as Ontologias, que são artefatos que modelam a estrutura da área do conhecimento relevante, definindo formalmente um conjunto de termos e a relação entre eles.

O WSMO (*Web Service Modeling Ontology*) é um modelo conceitual baseado em ontologias para serviços de web semântica. A linguagem de apoio deste modelo é a WSML (*Web Service Modeling Language*)

4 Metodologia

Este projeto utiliza a base de conhecimento do grupo de pesquisas com o qual pretende contribuir. Este conhecimento está armazenado na linguagem WSML e os pontos de interesse foram identificados com QRCodes, portanto estas tecnologias foram utilizadas. O desenvolvimento deste projeto foi feito em duas fases, cada uma focada em uma etapa da técnica de *fingerprinting*.

A primeira fase teve como objetivo a coleta de redes Wi-Fi que permeiam os pontos de interesse. Para isso foi construído um aplicativo Android que ao ler um QRCode instalado em um ponto de interesse associa seu código ao conjunto de redes Wi-Fi do ambiente e os envia a um servidor RESTful em pacotes JSON, que os armazena em ontologias descritas em WSML.

Na segunda fase foram feitas modificações no aplicativo Android de forma que o usuário possa ativar a descoberta de pontos de interesse próximos ao dispositivo. Ao ativar esta função, o aplicativo envia periodicamente as redes Wi-Fi do ambiente junto ao algoritmo de classificação que será usado para o servidor RESTful. O servidor então converte os dados de redes Wi-Fi que estão armazenados em WSML para um arquivo de amostras de treinamento utilizado pelo pacote de software Weka, utiliza o algoritmo de classificação recebido para gerar um modelo e devolve as probabilidades do dispositivo estar perto de cada ponto de interesse ao aplicativo no formato JSON, que os exibe em uma lista.

Foram coletados dados de redes Wi-Fi que permeavam trinta e quatro pontos de interesse na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP) duas vezes, a primeira em 19 de abril e a segunda dia 15 de maio. Destes, trinta e dois ficam no prédio I1, um no prédio A1 e um no prédio do Ciclo Básico. Uma tabela com os pontos de interesse coletados e suas localizações pode ser encontrada no Apêndice C.

O aplicativo foi feito para a versão 4.0.3 (IceCreamSandwich) do sistema operacional Android. O servidor RESTful foi construído utilizando a linguagem Java na versão 9.0 e está hospedado no Apache Tomcat na versão 9.0.8 de uma máquina virtual da plataforma de serviços de computação em nuvem Amazon Web Services (AWS). Esta máquina virtual conta com o sistema operacional Ubuntu na versão 16.04, processador Intel Xeon E5-2676 v3 2,40GHz e 1GB de memória RAM.

5 Resultados

Foi construído um aplicativo Android que conta com dois botões: o primeiro ativa e desativa a descoberta dos pontos de interesse mais próximos do dispositivo, exibindo uma lista exibindo-os ordenada pela probabilidade de proximidade dada pelo algoritmo de classificação utilizado; o segundo permite a coleta de redes Wi-Fi que o dispositivo consegue detectar ao ler um QRCode instalado em um ponto de interesse. A tela principal do aplicativo pode ser visto na figura 1.

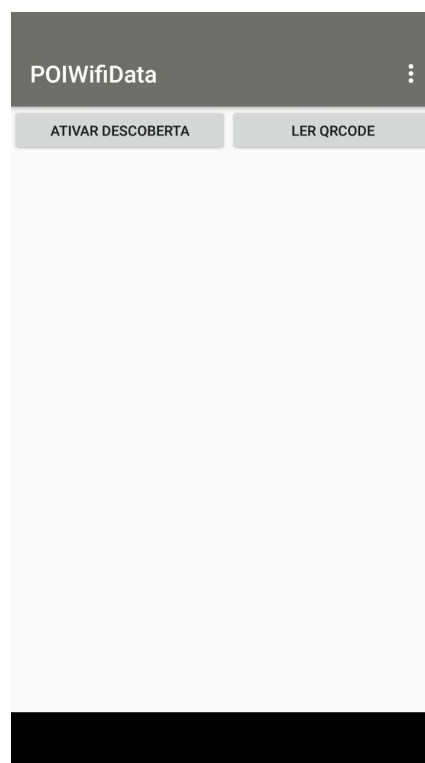


Figura 1: Tela principal

É possível escolher, nas preferências do aplicativo, o algoritmo de classificação que será utilizado (Figura 2) e o intervalo de tempo entre as descobertas (figura 3). A lista de algoritmos é requisitada para o servidor sempre que a tela de preferências é acessada, dessa forma é possível que algoritmos sejam adicionados, removidos ou alterados no servidor sem que o aplicativo precise ser atualizados. O intervalo de tempo padrão é de cinco segundos e o algoritmo de classificação padrão é o J48.

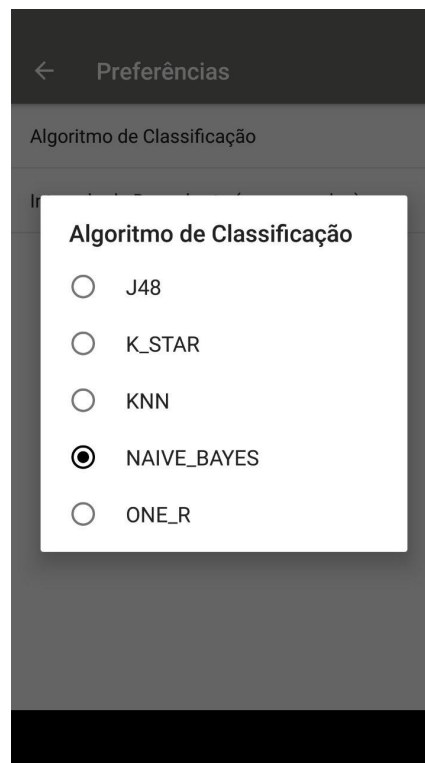


Figura 2: Escolha de algoritmo de classificação

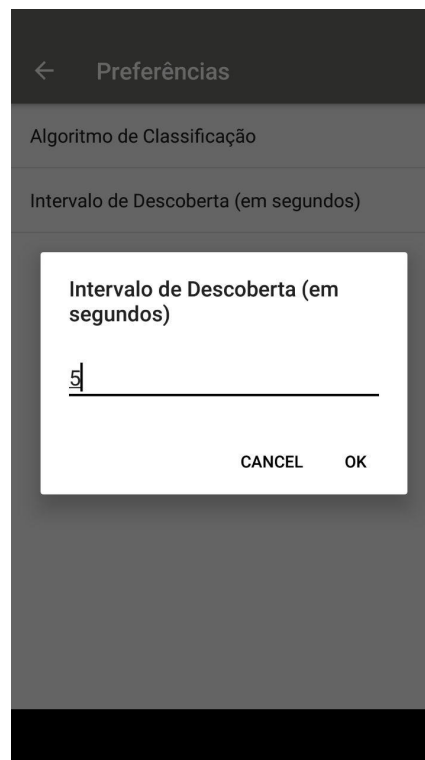


Figura 3: Escolha de intervalo de descoberta

No dia 15 de maio foram feitos testes com o aplicativo Android no qual a descoberta de pontos de interesse permanecia ativa enquanto caminhava-se em frente aos pontos de interesse com redes Wi-Fi coletadas.

Os testes foram feitos com os cinco algoritmos de classificação. Todos alcançaram resultados plausíveis. Os resultados a seguir mostram a descoberta de pontos de interesse utilizando o algoritmo J48, dado que este foi o que mais se destacou.

O algoritmo acertou ao classificar os pontos de interesse que estão mais distantes dos demais. O ponto nomeado como “Laboratório de Informática” é um exemplo disso. Este ponto também foi o que teve mais redes Wi-Fi associadas, sendo classificado com 85% de probabilidade. Isto pode ser visto na figura 4.

Na figura 5 é possível ver que um dos pontos de interesse que teve menos redes Wi-Fi associados foi o “Banco para sentar 1”, classificado com 33% pelo algoritmo.

São exemplos de pontos que ficam próximos e estão no mesmo andar os nomeados como “Sala 101” e “Sala 102”. Como visto nas figuras 6 e 7, o algoritmo de classificação acertou ao atribuiu maior probabilidade no primeiro ponto de interesse quando o dispositivo estava próximo deste, porém teve dificuldade ao classificar o segundo ponto de interesse. Um dos possíveis motivos é que poucas redes Wi-Fi que permeiam este dispositivo foram coletadas.

Já os pontos que ficam próximos mas em andares diferentes também foram classificados de maneira correta pelo algoritmo. Os pontos “Sala 101” e “Sala 201” são exemplos deste último caso. As figuras 6 e 8 mostram a descoberta destes pontos de interesse.

A figura 9 mostra a descoberta de um ponto de interesse cujo as redes Wi-Fi não foram coletadas. Neste caso os algoritmos classificam os pontos de interesse com probabilidade de 0%.

POIWifiData	
DESATIVAR DESCOBERTA	LER QRCODE
Laboratório de Informática	85.71%
Segundo Andar – Prédio do Ciclo Básico	
Sala Professor José de Jesús Pérez-Alcazar	14.29%
Terceiro Andar – Prédio I1	
Banco para sentar 1	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Mural do SAS - Serviço de Atendimento Social	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Mural da CPG - Comissão de Pós-graduação	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Hidrate 1	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Fraldário	0.00%
Térreo – Prédio I1	

Figura 4 Descoberta em frente ao ponto de interesse “Laboratório de Informática”

POIWifiData	
DESATIVAR DESCOBERTA	LER QRCODE
Banco para sentar 1	33.33%
Térreo – Prédio I1	
Mural da CPG - Comissão de Pós-graduação	33.33%
Térreo – Prédio I1	
Fraldário	33.33%
Térreo – Prédio I1	
Mural do SAS - Serviço de Atendimento Social	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Hidrate 1	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Sala do AAE - Atendimento ao Aluno Estrangeiro	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Sala da Empresa Júnior	0.00%
Térreo – Prédio I1	

Figura 5 Descoberta em frente do ponto de interesse “Banco para sentar 1”

POIWifiData	
DESATIVAR DESCOBERTA	LER QRCODE
Sala 101	100.00%
Segundo Andar - Prédio I1	
Banco para sentar 1	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Mural do SAS - Serviço de Atendimento Social	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Mural da CPG - Comissão de Pós-graduação	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Hidrate 1	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Fraldário	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Sala do AAE - Atendimento ao Aluno Estrangeiro	0.00%
Térreo - Prédio I1	

Figura 6: Descoberta em frente do ponto de interesse “Sala 101”

POIWifiData	
ATIVAR DESCOBERTA	LER QRCODE
Sala 102	50.00%
Primeiro Andar - Prédio I1	
Banheiro Feminino 3	50.00%
Terceiro Andar - Prédio I1	
Banco para sentar 1	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Mural do SAS - Serviço de Atendimento Social	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Mural da CPG - Comissão de Pós-graduação	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Hidrate 1	0.00%
Térreo - Prédio I1	
Fraldário	0.00%
Térreo - Prédio I1	

Figura 7: Descoberta em frente do ponto de interesse “Sala 102”

POIWifiData	
DESATIVAR DESCOBERTA	LER QR CODE
Sala 201	100.00%
Segundo Andar – Prédio I1	
Banco para sentar 1	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Mural do SAS - Serviço de Atendimento Social	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Mural da CPG - Comissão de Pós-graduação	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Hidrante 1	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Fraldário	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Sala do AAE - Atendimento ao Aluno Estrangeiro	0.00%
Térreo – Prédio I1	

Figura 8: Descoberta em frente do ponto de interesse “Sala 201”

POIWifiData	
DESATIVAR DESCOBERTA	LER QR CODE
Banco para sentar 1	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Mural do SAS - Serviço de Atendimento Social	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Mural da CPG - Comissão de Pós-graduação	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Hidrante 1	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Fraldário	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Sala do AAE - Atendimento ao Aluno Estrangeiro	0.00%
Térreo – Prédio I1	
Sala da Empresa Júnior	0.00%
Térreo – Prédio I1	

Figura 9: Descoberta longe de redes coletadas

6 Discussão

Este projeto teve bons acertos ao descobrir a proximidade tanto de pontos de interesse que estão próximos quanto os que estão longe dos demais. O dispositivo também foi capaz de classificar de maneira correta pontos de interesse situados em diferentes andares. Suas maiores dificuldades ocorreram ao tentar inferir localizações onde as redes Wi-Fi foram coletadas poucas vezes.

Ao concluir o aplicativo Android e servidor, cerca de um mês depois da primeira coleta de redes Wi-Fi, foram realizados testes com os dados que já estavam armazenados e os resultados obtidos não eram tão satisfatórios. Ao comparar os dados de abril com os obtidos nos testes nota-se que novas redes surgiram enquanto algumas que estavam armazenadas desapareceram ou tiveram alteração em seus RSSIs. Conclui-se então que as redes Wi-Fi de um ambiente sofrem diversas mudanças. Uma maneira para solucionar este problema seria remover as redes coletadas depois de certo tempo e coletar redes associadas a pontos de interesse sempre que possível, seja utilizando outras formas de posicionamento ou confirmar com o usuário se a descoberta de posição está correta, adicionando os dados já coletados na base de conhecimento.

Em uma tentativa de diminuir o tamanho dos dados armazenados, somente os BSSIDs (identificador único do ponto de acesso) foi associado aos RSSIs (medida de potência do sinal Wi-Fi) das redes, pois acreditava-se que as chances de encontrar duas redes com o mesmo BSSID fossem baixas, uma vez que este identificador segue as convenções do endereço MAC. Contudo isto se mostrou um equívoco quando duas redes diferentes apresentavam o mesmo BSSID, influenciando negativamente na classificação feita pelo Weka. Então foi necessária a utilização de SSID (nome da rede) junto do BSSID.

Algo que poderia ser testado é a capacidade de descobrir pontos de interesse onde poucas redes passam, uma vez que mais de cem redes de diferentes BSSIDs são identificados pelo dispositivo no cenário onde ocorreram os testes.

7 Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho mostra o sistema de posicionamento Wi-Fi, se aliado a outras técnicas de posicionamento para coletar as redes do ambiente periodicamente, pode ser uma boa maneira de descobrir a localização de dispositivos, pois é um método com bons resultados e com baixo custo, visto que as informações da redes Wi-Fi são públicas.

Este projeto também oferece perspectiva e material para o grupo de pesquisas de cidades inteligentes inclusivas da Universidade de São Paulo, que pretende utilizar o sistema de posicionamento Wi-Fi baseado em *fingerprinting* em seus projetos. Com ele será possível oferecer informações de pontos de interesse para deficientes visuais e até mesmo fazer a navegação passo a passo.

8 Referências Bibliográficas

DE OLIVEIRA NETO, J. S., & KOFUJI, S. T. (2016). **Inclusive Smart City: an exploratory study**. In M. Antona & C. Stephanidis (Eds.), Universal Access in Human-Computer Interaction. Access to Learning, Health and Well-Being. Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-40244-4_44

DE OLIVEIRA NETO, J. S., SILVA, A. L., NAKANO, F., PÉREZ-ÁLCAZAR, J. J., & KOFUJI, S. T. (2018). **When Wearable Computing Meets Smart Cities: Assistive Technology Empowering Persons With Disabilities**. In S. Delabrida Silva, R. Rabelo Oliveira, & A. Loureiro (Eds.), Examining Developments and Applications of Wearable Devices in Modern Society (pp. 58-85). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-3290-3.ch003

GASHU, L. K. **Construção e teste de um conjunto de dados de pontos de acesso WiFi para localização e navegação Indoor/Outdoor utilizando Inteligência Artificial**. São Paulo: USP, 2017

GU, YANYING; LO ANTHONY; NIEMEGEREERS, IGNAS. **“A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks”**, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, v. 11, n. 1, Primeiro Trimestre de 2009.

WANG, QUANYU; GUO, YUAN; YANG, LIDA; TIAN, MI. **“An Indoor Positioning System Based on iBeacon”**, Lecture Notes in Computer Science, v. 10092, p. 262-272, 2017.

VAN DIGGELEN, FRANK, ENGE, PER, **“The World’s first GPS MOOC and Worldwide Laboratory using Smartphones”**, Proceedings of the 28th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2015), Tampa, Florida, September 2015, p. 361-369.

PAL, J. CHRISTOPHER. FRANK, EIBE. HALL, MARK A. WITTEN, IAN H. (2016). **The WEKA Workbench. Online Appendix for “Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques”**, Morgan Kaufmann, Fourth Edition, 2016.

CLEARY, JOHN G. TRIGG, LEONARD E.: **K*: An Instance-based Learner Using an Entropic Distance Measure**. In: 12th International Conference on Machine Learning, 108-114, 1995.

R.C. HOLTE (1993). **Very simple classification rules perform well on most commonly used datasets**. Machine Learning. 11:63-91.

FIELDING, ROY THOMAS. **Architectural styles and the design of network-based software architectures**. Univ. California pp. 76-85 2000.

W3C. **REST – Semantic Web Standarts**. Disponível em: <www.w3.org/2001/sw/wiki/REST>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

FUKUNAGA, K.; NARENDRA, P. M. **A branch and bound algorithm for computing k-nearest neighbors**. IEEE Transactions on Computers, v. 100, n. 7, p. 750–753, 1975.

W3C. **Web Service Modeling Ontology (WSMO)**. Disponível em: <<http://www.w3.org/Submission/WSMO/>>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

W3C. **Web Service Modeling Language (WSML)**. Disponível em: <<http://www.w3.org/Submission/WSML/>>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

9 APÊNDICE A – Ontologias

Cabeçalho da ontologia:

```
wsmlVariant _ "http://www.wsmo.org/wsml/wsml-syntax/wsml-rule"
namespace { _ "http://www.example.ontology/USPLesteConcept#"
}

ontology USPLesteConcept
  nonFunctionalProperties
    title hasValue "USP Leste Campus ontology"
  endNonFunctionalProperties
```

Figura 10: Cabeçalho de Ontologia

Definição de conceito de ponto de interesse em WSMML:

```
concept PointOfInterest
  hasID impliesType _integer
  hasNameText impliesType _string
  hasLocalityText impliesType _string
```

Figura 11: Definição do conceito de ponto de interesse

Definição de conceito de conjunto de dados Wi-Fi em WSMML:

```
concept WifiData
  ofPointOfInterest impliesType PointOfInterest
  hasData impliesType _string
```

Figura 12: Definição de conceito de dados Wi-Fi

Exemplo de definição de instância de ponto de interesse em WSML:

```
instance pointOfInterest32 memberOf PointOfInterest
  hasID hasValue 32
  hasNameText hasValue "Sala Professor Fábio Nakano"
  hasLocalityText hasValue "Segundo Andar – Prédio A1"
```

Figura 13: Exemplo de instância de ponto de interesse

Exemplo de definição de instância de conjunto de dados Wi-Fi em WSML:

```
instance wifiData6 memberOf WifiData
  ofThing hasValue pointOfInterest34
  hasData hasValue {"USPnet&70:3a:0e:f2:76:20|-79", "guesteach&b4:5d:50:86:16:41|-85"}
```

Figura 14: Exemplo de instância de dados Wi-Fi

10 APÊNDICE B – Arquivo utilizado pelo Weka

Exemplo de código na extensão utilizada pelo Weka:

```
@relation wifiData
```

```
@attribute "USPnet&70:3a:0e:f2:76:20|-79" numeric
```

```
@attribute "guesteach&b4:5d:50:86:16:41|-85" numeric
```

```
@attribute poi {34}
```

```
@data -79, -85
```

Figura 15: Exemplo de código para Weka

11 APÊNDICE C – Pontos de Interesse coletados

Ponto de Interesse	Localização
Banco para sentar 1	Térreo – Prédio I1
Banheiro Feminino 1	Terceiro Andar – Prédio I1
Banheiro Feminino 3	Térreo – Prédio I1
Banheiro Masculino 1	Térreo – Prédio I1
Bebedouro 1	Térreo – Prédio I1
Elevador 1	Terceiro Andar – Prédio I1
Elevador 1	Térreo – Prédio I1
Elevador 1	Segundo Andar – Prédio I1
Elevador 1	Primeiro Andar – Prédio I1
Escada 4	Terceiro Andar – Prédio I1
Escada 4	Segundo Andar – Prédio I1
Escada 1	Térreo – Prédio I1
Escada 2	Térreo – Prédio I1
Extintor de Incêndio 1	Térreo – Prédio I1
Extintor de Incêndio 1	Segundo Andar – Prédio I1
Fraldário - corredor do aquário	Térreo – Prédio I1
Hidrante 1	Térreo – Prédio I1
Laboratório de Informática	Segundo Andar – Prédio do Ciclo Básico
Mural da CPG - Comissão de Pós-graduação	Térreo – Prédio I1
Mural do SAS - Serviço de Atendimento Social	Térreo – Prédio I1
Mural geral do Prédio I1	Térreo – Prédio I1
Porta de Vidro Desativada	Térreo – Prédio I1
Sala 101	Primeiro Andar – Prédio I1
Sala 102	Primeiro Andar – Prédio I1

Ponto de Interesse	Localização
Sala 201	Segundo Andar – Prédio I1
Sala 221	Segundo Andar – Prédio I1
Sala da Bateria Bandida	Térreo – Prédio I1
Sala da CPG - Comissão de Pós-graduação	Térreo – Prédio I1
Sala da Empresa Júnior	Térreo – Prédio I1
Sala do AAE - Atendimento ao Aluno Estrangeiro	Térreo – Prédio I1
Sala do DASI - Diretório Acadêmico de Sistemas de Informação	Térreo – Prédio I1
Sala Professor Fábio Nakano	Segundo Andar – Prédio A1
Sala Professor José Pérez	Terceiro Andar – Prédio I1
Serviço de Atendimento Social	Térreo – Prédio I1

Tabela 1: Pontos de Interesse

12 APÊNDICE D – Código-fonte e instalação do aplicativo

O código-fonte escrito para este projeto e o arquivo de instalação do aplicativo podem ser encontrados no endereço www.github.com/ThyagoRibeiro/WiFiPositioningSystem.