

CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO – TCC ACADÊMICO	
() PRÉ-PROJETO (X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2020/2

MAPEAMENTO DE POTENCIAL DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO POR DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VIAS RESPIRATÓRIAS COM BASE NA MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS

Joana Cristina Tietjen

Profª. Luciana Pereira de Araújo Kohler – Orientadora

1 INTRODUÇÃO

Epidemias e pandemias são surtos de doenças que acompanham a humanidade há milhares de anos. Exemplos como a varíola, uma doença contagiosa causada pelo vírus da família *Orthopoxvirus variolae*, foi uma das mais devastadoras doenças conhecidas da humanidade. Acredita-se que a doença existiu por pelo menos 3000 anos e milhões de mortes foram causadas até a sua erradicação (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020a). Os estudos na ciência evoluem a partir de cada surto e a partir de 1990, planos de preparação para o enfrentamento a pandemias passou a ser utilizado na Europa. A prática, adotada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e diversos países, é ajustada e aprimorada com as experiências vividas após cada novo episódio pandêmico (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012).

Algumas epidemias ocorrem por doenças que são transmitidas pelo consumo de alimento e bebidas contaminadas, como é o exemplo da Cólera. Nestes casos, existe a possibilidade de controle de infecção através de saneamento básico e prática de higiene básica uma vez que a sua origem é identificada (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020b). Já doenças transmitidas por vias respiratórias, como é o caso da Corona Vírus Disease (COVID-19), requerem a proximidade entre indivíduos para a sua transmissão. Para isso, o distanciamento social é utilizado para reduzir interações entre indivíduos de uma comunidade em que há o risco de infecção (WILDER-SMITH, A; FREEDMAN, D O, 2020).

Visto que o distanciamento é aplicado com base na suspeita de infecção, o mapeamento de casos assintomáticos de doenças que chegam em uma região em que ainda não há casos confirmados é um desafio (CHASTEL, 2012). Estudos feitos com o novo coronavírus comprovaram que a taxa de indivíduos que não apresentam sintomas ao testarem positivo não é baixa (ARONS *et al.*, 2020). Com isso, a transmissão que ocorre em casos assintomáticos ou quando os sintomas ainda não apareceram contribui para uma rápida propagação do vírus (ARONS *et al.*, 2020). Com estas informações é possível concluir que indivíduos assintomáticos podem infectar rapidamente uma população que ainda não adotou o distanciamento social pela falta de suspeita da doença.

Comentado [SEdC1]: Sugiro que você inicie um parágrafo.

A fim de buscar uma forma de conter a propagação de doenças em seu estágio inicial, este trabalho busca entender a possibilidade de mapear riscos de potencial infecção entre uma população. O foco será rastrear o risco de propagação a partir da chegada de indivíduos de regiões consideradas infectadas por uma doença contagiosa, considerando que indivíduos assintomáticos são capazes de transmitir a doença.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo do trabalho proposto é mapear casos de potencial risco de infecção por doenças contagiosas a partir da proximidade entre duas ou mais pessoas com base na sua geolocalização e proximidade entre dispositivos, a partir do momento que um destes indivíduos é considerado um potencial risco de infecção.

Os objetivos específicos são:

- a) traçar a proximidade entre indivíduos com potencial risco de infecção, com base na geolocalização e rastreamento por contato, informando os demais indivíduos sobre o risco de possível contágio;
- b) avaliar a probabilidade de infecção entre indivíduos com base na proximidade e tempo de contato, levando em consideração o já possível contágio de pelo menos um dos indivíduos;
- c) mapear regiões onde novos casos de doenças contagiosas foram identificados, classificando o local como uma região de risco;
- d) disponibilizar informações básicas já identificadas sobre a doença, como grupo de risco, sintomas, origem, tratamentos etc.

Comentado [SEdC2]: Somente no último item vai “.”, aqui vai “.”

Comentado [SEdC3]: Senti falta de algum momento esta colocado que seria algo como “desenvolver aplicação web e móvel” ou só móvel ou só web. Talvez colocar junto com um desses objetivos específicos. Apenas uma sugestão a ser pensada.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção são apresentados trabalhos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. A subseção 2.1 traz o aplicativo móvel Coronavírus – Sistema Único de Saúde (SUS), criado para conscientizar a população sobre a COVID-19 e que utiliza o rastreamento de contato via Bluetooth para alertar usuários que se aproximaram de indivíduos testados positivo para a doença (GOVERNO DO BRASIL, 2020). A subseção 2.2 apresenta o aplicativo StopCovid France, que utiliza rastreamento de contato para alertar o risco de contágio por COVID-19 no território francês (GOUVERNEMENT, 2020). A subseção 2.3 apresenta o sistema de Cardozo (2018), criado para que especialistas possam analisar, por meio da geolocalização de pacientes, locais de possíveis focos de infecção de malária.

2.1 APLICATIVO MÓVEL CORONAVÍRUS SUS

O aplicativo Coronavírus – SUS, criado pelo Ministério da Saúde do Brasil, busca auxiliar a população no enfrentamento da COVID-19. Para isso, o aplicativo dispõe informações sobre o que é a doença, quais são os sintomas, como é transmitida e formas de prevenção. É possível também fazer uma avaliação do estado de saúde. Dependendo da compatibilidade com os sintomas da COVID-19, o usuário é instruído a se encaminhar para a unidade de saúde mais próxima (GOVERNO DO BRASIL, 2020).

As unidades de saúde próximas do usuário podem ser facilmente localizadas por um mapa disponibilizado pelo aplicativo. O aplicativo também conta com recurso de notificação de exposição ao vírus, com base no rastreamento de contato do usuário com indivíduos que testaram positivo para a doença nos últimos 14 dias (TRINDADE, 2020). O rastreamento de contato é feito utilizando a aproximação por Bluetooth e troca de chaves anônimas, garantindo a segurança dos usuários. A movimentação feita pelos indivíduos não é rastreada visto que não é utilizada a geolocalização de dispositivos (TRINDADE, 2020).

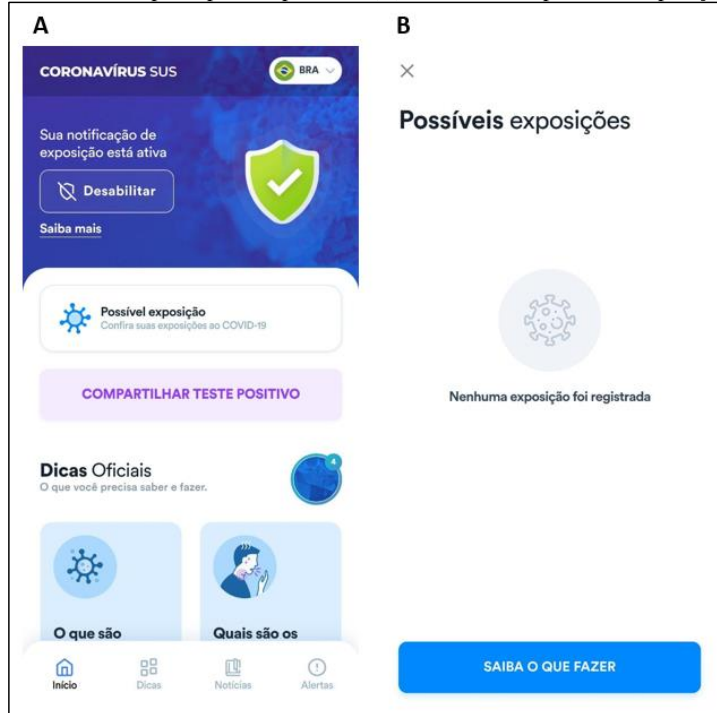
Com as informações armazenadas após a aproximação de indivíduos, caso um usuário informe futuramente que testou positivo, todos os dispositivos que estiveram em contato próximo serão notificados sobre o risco de infecção (TRINDADE, 2020). A Figura 1 apresenta a interface principal do sistema, com um status de exposição ao vírus e dicas oficiais. Apresenta também uma segunda interface (B) onde são listadas as exposições do usuário, caso exista alguma. Os indivíduos que testam positivo para a doença precisam voluntariamente registrar a informação para o aplicativo, garantindo a veracidade da informação. O aplicativo encaminha o usuário para a utilização do serviço “Valida Coronavírus-SUS”, responsável por confirmar que o resultado positivo do exame informado é verídico (TRINDADE, 2020).

Comentado [SEdC4]: Sugiro começar um novo parágrafo.

Comentado [SEdC5]: Idem

Comentado [SEdC6]: Sugiro colocar no estilo TF-courier ao invés de entre aspas.

Figura 1 - Interface principal do aplicativo (A) e interface de possíveis exposições (B)



Fonte: elaborada pela autora.

Comentado [SEdC7]: Figura é elaborada e vai “.”

A política de privacidade do aplicativo segue a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Dentre os termos de uso, está descrito que o aplicativo não coleta dados que revelem a identidade dos usuários e que as chaves gravadas pela aproximação Bluetooth são protegidas por criptografia (TRINDADE, 2020). Ainda segundo Trindade (2020, p.1), “Os dados são salvos em servidores no Brasil, gerenciados por órgãos públicos e mantidos pelo Ministério da Saúde.”. Quanto as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo, não foram encontradas informações disponíveis.

2.2 APLICATIVO MÓVEL STOPCOVID FRANCE

StopCovid France é um aplicativo móvel desenvolvido sob a supervisão francesa do Ministério da Solidariedade e Saúde e Ministério do Estado para Assuntos Digitais. Apesar de estar disponível para download em outros países, o aplicativo foi projetado para utilização no território francês (GOUVERNEMENT, 2020). A finalidade do aplicativo é notificar usuários que tenham estado em contato com indivíduos que testaram positivo para COVID-19 nos últimos 14 dias. A notificação é apresentada para usuários que estiveram em contato a menos

de um metro por no mínimo 15 minutos com o indivíduo infectado (GOUVERNEMENT, 2020).

O aplicativo utiliza a conexão Bluetooth para realizar o rastreamento de contato. Um identificador randômico é compartilhado entre os dispositivos próximos como forma de identificação entre eles. Este identificador é renovado a cada 15 minutos para garantir a segurança dos usuários. De acordo com o resumo do aplicativo de Gouvernement (2020, p.1), “O aplicativo não utiliza em nenhum momento a localização das pessoas, sendo impossível conhecer a identidade dos utilizadores”.

Os termos de confidencialidade apresentados após o download do aplicativo, informam que os dados são armazenados no dispositivo do usuário. A partir da confirmação da doença, o usuário pode optar por disponibilizar estes dados para um servidor supervisionado pelo Ministério da Solidariedade e Saúde. Além disso, as informações são automaticamente deletadas do dispositivo móvel e do servidor após 14 dias. Também de acordo com o tempo de confidencialidade, o usuário pode optar por deletar seus dados armazenados, assim como cancelar o seu registro ou desativar temporariamente o aplicativo a qualquer momento.

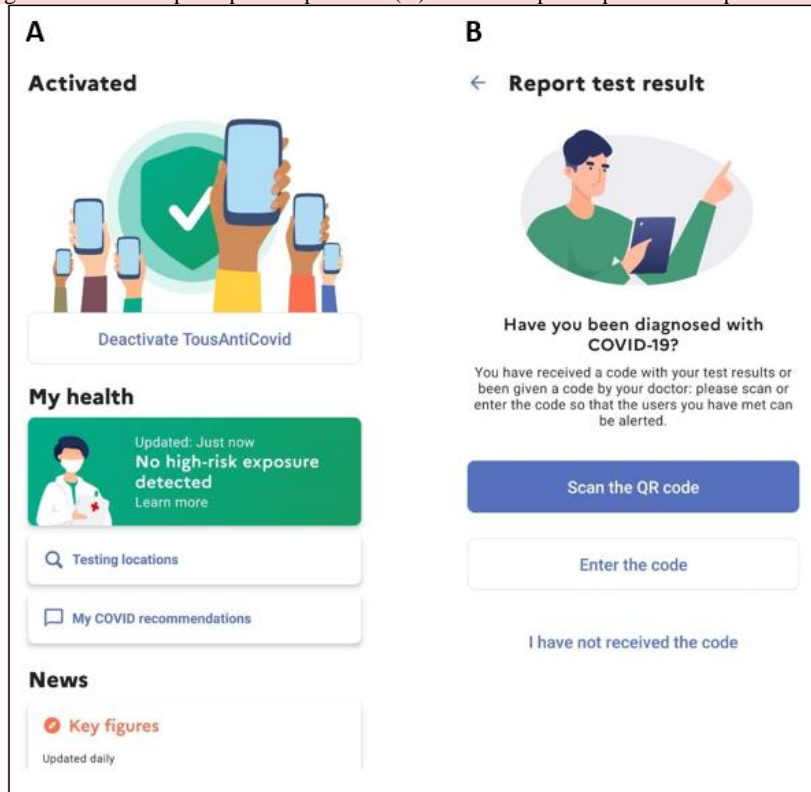
Para que o indivíduo possa se identificar no aplicativo como um caso positivo de COVID-19, o paciente recebe do seu médico um Quick Response Code (QR Code) e um código alfanumérico (FIGUEREDO, 2020) que expira em 60 minutos. Com base nestes códigos o aplicativo confirma o indivíduo como um caso positivo de COVID-19. As demais tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo não foram identificadas. A Figura 2 apresenta a interface inicial do aplicativo com status de exposição, recomendações e locais de realização de testes. Apresenta também a interface que permite inserir o código ou QR Code recebido para reportar o diagnóstico positivo da doença.

Comentado [SEdC8]: Sugiro novo parágrafo.

Comentado [SEdC9]: Sugiro novo parágrafo.

Comentado [SEdC10]: Se a figura 2 apresentar duas telas. Você precisa fazer o que sugeri na figura e citar cada uma das figuras aqui adequadamente.

Figura 2 - Interface principal do aplicativo (A) e interface para reportar testes positivos (B)



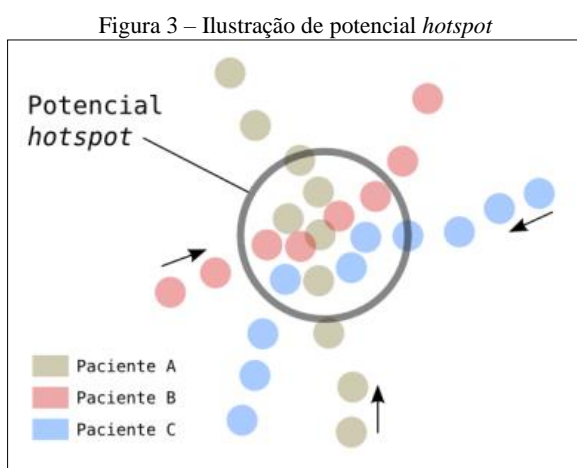
Fonte: elaborada pelo(a) autor(a).

A definição da distância e tempo mínimo de contato definido para a notificação de usuários foi criticada por ser muito restritiva e otimista, definida buscando descartar o excesso de casos falso-positivos e o pânico entre a população (ROWE; NGWENYAMA; RICHET, 2020). Além disto, de acordo com Rowe; Ngwenyama; Richet (2020, p.1, tradução nossa) “(o sistema) coleta mais dados do que foi originalmente afirmado pelo governo.”. Por fim, a forma que oficiais do governo buscaram para convencer o público causou controvérsias. A tentativa de intimidar o público mencionando o número de mortes pela doença em vez de garantir a segurança e privacidade dos dados da população (ROWE; NGWENYAMA; RICHET, 2020) aumentou o medo do surgimento de uma vigilância do estado sobre a sociedade (FIGUEREDO, 2020).

Comentado [SEdC11]: Se forem duas telas, sugiro que você coloque abaixo (a) e (b) e referencie cada uma das figuras no texto. Se for uma única tela, aí está ok, mas se forem duas tela, precisa adaptar.

2.3 MAPEAMENTO DE HOTSPOTS DE TRANSMISSÃO DE MALÁRIA UTILIZANDO GEOLOCALIZAÇÃO DE PACIENTES

Cardozo (2018) traz um sistema de mapeamento para casos confirmados de malária. O mapeamento auxilia especialistas a analisarem trajetos e pontos de parada dos pacientes entre o período de pré exposição até o período de aparecimento de sintomas. Os dados são coletados com o consentimento do paciente por meio da geolocalização de seu dispositivo móvel. Isto permite a identificação de possíveis locais de infecção compartilhado entre vários pacientes, também denominados de *hotspots*, conforme ilustra a Figura 3 (CARDOZO, 2018).



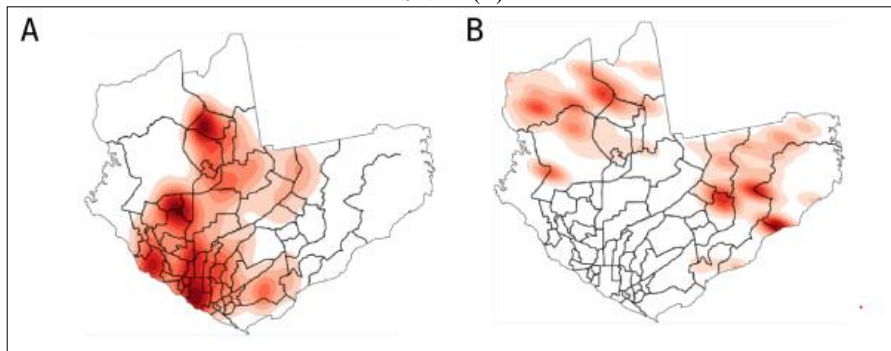
Fonte: adaptada de Cardozo (2018).

Para que seja possível obter o registro dos locais visitados pelo paciente de forma retroativa, o serviço Google Takeout foi utilizado. Nele é possível ter acesso ao histórico de localização geográfica de cada usuário. O aplicativo web direciona o usuário para o download do serviço Google e, após a aceitação de termos de consentimento, permite o envio dos dados confidenciais do usuário (CARDOZO, 2018).

A arquitetura do sistema desenvolvido é dividida em três partes principais. A primeira parte corresponde a ação do usuário de disponibilizar seus dados na plataforma web. Após a coleta destes dados, é realizada uma etapa de processamento de dados em que são identificados pontos de parada de cada usuário e a detecção de possíveis *hotspots*. No final do processamento de dados, as informações são armazenadas em um banco de dados que, em seguida, fica disponível para acesso e análise de especialistas por meio da plataforma web SiPoS Explorer (CARDOZO, 2018).

O estudo foi aplicado em pacientes com malária do hospital Fundação de Medicina Tropical Heitor Viera Dourado, de Manaus, Amazonas (AM), que consentiram em participar. Os dados de 113 pacientes com malária foram analisados para identificar os locais de maior concentração de pontos de parada em comum destes pacientes, conforme mostra a Figura 4 [\[Erro! Fonte de referência não encontrada.\]](#). As informações que foram processadas no sistema foram comparadas com os casos registrados no Sistema de Vigilância Epidemiológica de Malária (SIVEP), sistema este alimentado por uma ficha de notificação preenchida com os dados do paciente após a confirmação ou suspeita de malária. Nesta ficha constam informações como provável local de infecção e coletadas sem utilização de geolocalização (CARDOZO, 2018).

Figura 4 - Pontos de parada identificados pelo estudo (A) e dados reportados pelo sistema SIVEP (B)



Fonte: adaptado de Cardozo (2018).

A ferramenta foi desenvolvida utilizando JavaScript, Hypertext Markup Language (HTML) e Cascading Style Sheets (CSS) para construção da interface gráfica, garantindo o design responsivo. Para o desenvolvimento do *back-end* da aplicação foi utilizado o *framework* Flask em Python. O servidor web foi configurado com protocolo Hyper Text Transfer Protocol Secure (HTTPS) garantindo a criptografia de dados. A ferramenta SiPos Explorer foi desenvolvida utilizando o *framework* Vue.js (CARDOZO, 2018).

3 PROPOSTA DO SOFTWARE

Nesta seção será apresentada a proposta do desenvolvimento do software, por meio da justificativa do trabalho proposto na subseção 3.1, dos principais requisitos do problema apresentados na subseção 3.2 e da metodologia e do cronograma a ser seguido conforme a subseção 3.3.

3.1 JUSTIFICATIVA

Na seção 2 foram apresentados trabalhos correlatos que apresentam características que se assemelham a proposta do software, seja pela utilização de geolocalização de usuário ou pelo contexto abordado. O Quadro 1 apresenta por meio das linhas uma sequência de características e, por meio das colunas, o comparativo entre os 3 trabalhos correlatos descritos na seção 2.

Quadro 1 – Comparativo dos trabalhos correlatos

Características	Coronavírus - SUS (GOVERNO DO BRASIL, 2020)	StopCovid France (GOUVERNEMENT, 2020)	SiPoS (CARDOZO, 2018)
Serviço de geolocalização	Não	Não	Sim
Rastreamento de contato via Bluetooth	Sim	Sim	Não
Notificação de risco	Sim	Sim	Não
Disponibilização de informações relevantes ao usuário	Sim	Sim	Somente ao especialista
Plataforma	Móvel	Móvel	Web

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme as informações apresentadas no Quadro 1, Coronavírus - SUS (GOVERNO DO BRASIL, 2020) e StopCovid France (GOUVERNEMENT, 2020) ganham destaque em relação a disponibilização de informações relevantes ao usuário/paciente. As informações fornecidas por ambos são relevantes e auxiliam o usuário a se proteger da doença. SiPoS (CARDOZO, 2018) não atende a esta característica se tratando dos pacientes que fornecem suas informações, contendo os resultados apenas para especialistas da área.

SiPoS (CARDOZO, 2018) utiliza a geolocalização para realizar o processamento de dados necessário para identificar possíveis locais de infecção compartilhados, contudo, não utiliza estes resultados para notificar usuários que se encontram nestes locais. SiPoS (CARDOZO, 2018) não utiliza a tecnologia de rastreamento de contato via Bluetooth. Coronavírus – SUS (GOVERNO DO BRASIL, 2020) e StopCovid France (GOUVERNEMENT, 2020) não mantêm informações sobre a localização de usuários visto que não utiliza serviços de geolocalização, ambos realizam apenas o rastreamento de contato via Bluetooth. Coronavírus – SUS e StopCovid France se destacam por notificar usuários sobre o risco de infecção do vírus, enquanto SiPoS não utiliza as informações coletadas para informar os usuários que se encontram em áreas de risco. Por fim, referente a plataforma das aplicações, Coronavírus - SUS e StopCovid France são dispositivos móveis. SiPoS foi desenvolvido como plataforma web, porém, como conta com responsividade, é possível a utilização do sistema em dispositivos móveis.

Comentado [SEdC12]: Melhorar formatação.

Diante do exposto, o trabalho proposto ganha relevância ao ter a flexibilidade de trabalhar com diversas doenças contagiosas que surjam ao longo do tempo. A disponibilização de um resumo com as principais informações conhecidas sobre a doença que for utilizada em questão, permite aos usuários ter uma visão geral sobre os perigos do contágio. Estas informações, trabalhadas em conjunto com a condição de saúde cadastrada pelo usuário, permite o sistema alertar este indivíduo caso se encontre no grupo de risco.

A utilização da geolocalização dos dispositivos junto do rastreamento de contato com o objetivo de alertar usuários com base na proximidade de outros indivíduos considerados com possível risco de infecção, permite com que medidas de prevenção sejam tomadas de forma antecipada. Esta antecipação pode proporcionar um maior controle nos estágios iniciais da doença, podendo mapear pessoas em risco de contaminação antes mesmo do aparecimento de sintomas. Além disso, o trabalho proposto traz como contribuição tecnológica o desenvolvimento de um aplicativo móvel com serviço de geolocalização e rastreamento por contato via Bluetooth. Academicamente, o trabalho contribui para o estudo de soluções que visam evitar contaminações em massa e diminuir o risco para indivíduos com problemas de saúde. O levantamento de um questionário ao final do trabalho também ajudará a entender o nível de aceitação de proposta na sociedade.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os principais Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF) propostos neste trabalho são:

- a) notificar usuários que estejam em uma área de proliferação do vírus ou bactéria (RF);
- b) notificar usuários que tenham contato próximo com usuários que estejam com risco de contaminação (RF);
- c) considerar como um usuário em risco qualquer um que seja notificado pelo sistema (RF);
- d) disponibilizar um resumo com informações relevantes já conhecidas sobre a doença (RF);
- e) informar quais são as áreas de proliferação da doença já mapeadas (RF);
- f) permitir que o usuário informe condições de saúde (RF);
- g) mapear novas áreas de possível proliferação da doença com base nos indivíduos considerados com risco de infecção (RF);
- h) implementar um aplicativo móvel que notifique usuários que estão com risco de possível contágio (RNF);

Comentado [SEdC13]: Para quem?

Comentado [SEdC14]: Para quem?

- i) implementar serviço de geolocalização (RNF);
- j) implementar serviço de rastreamento por contato via Bluetooth Low Energy (BLE) (RNF);
- k) implementar o trabalho utilizando a linguagem Python e o *framework* Kivy (RNF);
- l) utilizar SQL e SQLite3 como banco de dados (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) levantamento bibliográfico: realizar um estudo e levantamento bibliográfico sobre os trabalhos correlatos e os tópicos apontados na revisão bibliográfica;
- b) elicitação de requisitos: reavaliar os requisitos apresentados na seção 3.2 e, caso necessário, realizar ajustes necessários;
- c) análise e projeto: analisar as informações levantadas para planejar a estrutura do projeto, as etapas de implementação e os testes a serem realizados;
- d) implementação: implementar um aplicativo móvel que permita notificar usuários que se encontram em possível risco de contágio de doenças com base no seu caminho percorrido, assim como desenvolver os demais requisitos levantados;
- e) testes e validação: validar se os requisitos estão funcionais e testar o aplicativo implementado;
- f) questionário: aplicar um questionário para grupos de interesse com o objetivo de avaliar a aceitação do trabalho desenvolvido.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma

etapas / quinzenas	2021									
	fev.		mar.		abr.		mai.		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Levantamento bibliográfico										
Elicitação de requisitos										
Análise e projeto										
Implementação										
Testes e validação										
Questionário										

Fonte: elaborado pelo autor.

Comentado [SEdC15]: Melhorar formatação

Formatado: Centralizado

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são apresentados os principais assuntos que serão utilizados como base para a construção do trabalho. Na subseção 4.1 é apresentado o conceito de geolocalização e o seu funcionamento. A subseção 4.2 apresenta o funcionamento da tecnologia Bluetooth Low

Energy (BLE) e seus principais desafios. Por fim, na subseção 4.3 são apresentados os principais tipos de arquitetura de sistemas de rastreamento por contato.

4.1 GEOLOCALIZAÇÃO

A geolocalização é um processo que busca estimar a localização de algo no globo terrestre com base na posição geográfica de algum dispositivo que contenha tecnologia Global Positioning System (GPS) (DARNLEY; PEURA; SEELEY, 2018). Esta estimativa é feita por meio da comunicação entre dispositivos equipados com GPS e satélites com sistema Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Estes satélites transmitem constantemente a sua própria localização. Já os dispositivos com GPS, ao receberem a localização de um conjunto de satélites, podem determinar a posição atual do dispositivo na Terra (DARNLEY; PEURA; SEELEY, 2018). Este processo é conhecido como trilateração GPS. A acurácia da localização estimada depende diretamente das informações recebidas pelos satélites. Caso a distância entre satélites calculada tenha alguma discrepância, a localização determinada pelo dispositivo pode ter uma diferença de até 4,9 metros (DARNLEY; PEURA; SEELEY, 2018).

Comentado [SEdC16]: Atende parcialmente, pois deveria ter em média uma página.

4.2 MAPEAMENTO POR CONTATO COM BLE

Bluetooth Low Energy (BLE) é uma variação da tecnologia Bluetooth clássica em que o consumo de energia é reduzido procurando manter os padrões de conexão (LEITH; FARRELL, 2020; ZHAO, *et al.*, 2020). A tecnologia serve para trocar informações entre dispositivos e opera emitindo ondas de rádio a 2.4GHz (LEITH; FARRELL, 2020). Estas ondas são enviadas com um identificador, que por segurança, é alterado após um período de tempo. Quando dois dispositivos se conectam via BLE, é possível estimar a força desta conexão pelo Received Signal Strength Indicator (RSSI) que é um indicador que estima a força do sinal recebido (LEITH; FARRELL, 2020).

Em um cenário em que dois dispositivos estejam em um local aberto, sem nenhuma pessoa ou objeto entre eles, conforme os dispositivos forem se aproximando, o sinal RSSI ficará mais forte. Ao se afastarem, o sinal tende a diminuir de intensidade. O uso destas tecnologias está sendo aplicado para o rastreamento por contato de doenças transmissíveis, como foi possível ver nos trabalhos corretados das seções 2.1 e 2.2. Isto ocorre, pois a junção do sinal RSSI com uma estimativa do tempo de contato entre dois dispositivos pode indicar eventos de proximidade entre estes indivíduos (LEITH; FARRELL, 2020).

Um desafio encontrado na utilização de BLE para o rastreamento de contato está na alteração de sinal por conta de obstáculos (LEITH; FARRELL, 2020). A presença de móveis,

objetos, e até mesmo pessoas influencia diretamente no recebimento do sinal (LEITH; FARRELL, 2020). Estudos feitos por Leith e Farrell (2020) mostram uma mudança no nível RSSI em diferentes ambientes, como dentro de casas, em supermercados e até mesmo em salas de reunião dependendo da localização do dispositivo (na mesa de reunião ou no bolso de uma pessoa, por exemplo). Esta instabilidade pode acarretar casos falso negativo, em que indivíduos estão relativamente próximos, mas por fatores externos o sinal é perdido (LEITH; FARRELL, 2020). Também há a possibilidade de indivíduos se encontrarem em ambientes diferentes, porém a uma distância curta. Neste caso existe a possibilidade do sinal BLE atravessar uma parede e gerar um caso falso positivo (LEITH; FARRELL, 2020).

4.3 ARQUITETURA DE APLICATIVOS DE RASTREAMENTO DE CONTATO

Após o surgimento do COVID-19, a utilização das tecnologias BLE e GPS passaram a ser amplamente utilizadas como ferramenta de auxílio para identificar a propagação do vírus entre indivíduos (AHMED *et al.*, 2020). Contudo, os aplicativos que foram criados com esse intuito levantaram um receio da população em relação a privacidade e segurança dos seus dados pessoais (ABELER *et al.*, 2020). De acordo com Abeler *et al.*, (2020, p. 4, tradução nossa), “O motivo mais frequente para a não instalação é a preocupação de que o governo poderia utilizar esses aplicativos como uma desculpa para maior monitoramento depois do fim da epidemia.”. A fim de entender os riscos de privacidade e segurança, esta subseção busca especificar os três tipos de arquitetura de aplicativos de rastreamento e suas características.

A arquitetura centralizada consiste em focar grande parte das atividades do sistema no servidor. Nesta arquitetura as informações pessoais do usuário são armazenadas unicamente no servidor. Também é o servidor responsável por manter informações sobre quais dispositivos estão ou podem estar infectados (AHMED *et al.*, 2020). O próprio dispositivo cuida apenas de manter as chaves utilizadas para comunicação por BLE e o registro das interações entre o dispositivo e demais dispositivos (AHMED *et al.*, 2020). Neste tipo de arquitetura é importante manter o servidor em segurança. O maior risco quanto a privacidade e segurança desta arquitetura é a invasão desse servidor que poderia comprometer a privacidade dos usuários por conta de informações pessoais armazenadas (AHMED *et al.*, 2020). Um sistema com essa arquitetura poderia ter um problema de segurança caso informações incorretas sejam repassadas aos dispositivos, como por exemplo, falsos diagnósticos.

A arquitetura descentralizada, em contra partida, busca manter boa parte do sistema rodando dentro do próprio dispositivo móvel (AHMED *et al.*, 2020). Nessa arquitetura as informações pessoais do usuário não são cadastradas no sistema, em vez disso são utilizados

identificadores anônimos que garantem a privacidade dos usuários (AHMED *et al.*, 2020). O processamento das interações é feito também no próprio dispositivo móvel. Em um contexto de aplicativos que notificam casos confirmados da doença, o servidor serve apenas para receber o identificador de dispositivos que tiveram uma interação de risco e notificá-los sobre o ocorrido (AHMED *et al.*, 2020). Em relação a privacidade de dados, a arquitetura descentralizada traz mais segurança aos dados do usuário, visto que não corre o risco de ter suas informações pessoais comprometidas (AHMED *et al.*, 2020). As únicas informações que poderiam ser obtidas do servidor nesse cenário seriam chaves de usuários que correm o risco de infecção.

Por último, a arquitetura híbrida busca trazer um equilíbrio entre a distribuição de tarefas entre dispositivo e servidor (AHMED *et al.*, 2020). Nela, as informações pessoais não são registradas e o identificador anônimo é utilizado para garantir a privacidade, assim como na arquitetura descentralizada. O processamento das interações e notificação de casos suspeitos passa a ser tarefa do próprio servidor, porém sem informações que venham a comprometer o indivíduo (AHMED *et al.*, 2020). Com isto, caso ocorra algum tipo de ataque no servidor, as informações sobre interações de dispositivos podem ser comprometidas sem afetar a privacidade ou segurança do usuário (AHMED *et al.*, 2020).

REFERÊNCIAS

ABELER, Johannes *et al.* COVID-19 Contact Tracing and Data Protection Can Go Together. **Jmir Mhealth Uhealth**. [S. L.], 20 abr. 2020. Disponível em: <https://mhealth.jmir.org/2020/4/e19359/>. Acesso em: 16 out. 2020.

ABELER, J. *et al.* COVID-19 Contact Tracing and Data Protection Can Go Together. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 8, n. 4, p. e19359, 20 abr. 2020. Disponível em: <https://mhealth.jmir.org/2020/4/e19359/>. Acesso em: 16 out. 2020.

AHMED, N. *et al.* A Survey of COVID-19 Contact Tracing Apps. **IEEE Access**, v. 8, p. 134577–134601, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9144194>. Acesso em: 16 out. 2020.

ARONS, M. M. *et al.* Presymptomatic SARS-CoV-2 Infections and Transmission in a Skilled Nursing Facility. **New England Journal of Medicine**, v. 382, n. 22, p. 2081–2090, 28 maio 2020. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2008457>. Acesso em: 18 out. 2020.

CARDOZO, Lucas Esteves. **Mapeamento de hotspots de transmissão de malária utilizando geolocalização de pacientes**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

CHASTEL, C. Eventual Role of Asymptomatic Cases of Dengue for the Introduction and Spread of Dengue Viruses in Non-Endemic Regions. **Frontiers in Physiology**, v. 3, 2012. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2012.00070/full>. Acesso em: 10 out. 2020.

DARNLEY, Ryan; PEURA, Nathaniel; SEELEY, Justin. **Geolocation Using Smartphone Sensors**. Worcester, 2018.

FIGUEREDO, Manuela. **Conheça aplicativo francês para rastrear o coronavírus que já ultrapassa 1 milhão de usuários**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://blogs.ne10.uol.com.br/mundobit/2020/06/08/conheca-aplicativo-frances-para-rastrear-o-coronavirus-que-ja-ultrapassa-1-milhao-de-usuarios/>. Acesso em: 16 out. 2020.

GOUVERNEMENT. **StopCovid France – Apps no Google Play**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.gouv.android.stopcovid>. Acesso em: 16 out. 2020.

GOVERNO DO BRASIL. **Coronavírus - SUS – Apps no Google Play**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.gouv.android.stopcovid>. Acesso em: 15 out. 2020.

LEITH, D. J.; FARRELL, S. Coronavirus contact tracing: Evaluating The Potential Of Using Bluetooth Received Signal Strength For Proximity Detection. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, v. 50, n. 4, p. 66–74, 26 out. 2020.

ROWE, F.; NGWENYAMA, O.; RICHET, J.-L. Contact-tracing apps and alienation in the age of COVID-19. **European Journal of Information Systems**, p. 1–18, 13 set. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0960085X.2020.1803155?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 16 out. 2020.

TRINDADE, Rodrigo. **App Coronavírus SUS agora vai avisar quando usuário foi exposto; entenda**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/07/31/app-coronavirus---sus-adiciona-rastreamento-de-contatos-entenda.htm>. Acesso em: 15 out. 2020.

WILDER-SMITH, A.; FREEDMAN, D. O. Isolation, quarantine, social distancing and community containment: pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak. **Journal of Travel Medicine**, v. 27, n. 2, 13 fev. 2020. Disponível em: <https://academic.oup.com/jtm/article/27/2/taaa020/5735321>. Acesso em: 18 out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Smallpox**. [S. L.]. 2020a. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/smallpox#tab=tab_1. Acesso em: 07 out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Developing pandemic preparedness in Europe in the 21st century: experience, evolution and next steps**. [S. L.]. 2012. Disponível em: <https://www.who.int/bulletin/volumes/90/4/11-097972/en/>. Acesso em: 09 out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cholera**. [S. L.]. 2020b. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/cholera#tab=tab_2. Acesso em: 09 out. 2020.

ZHAO, Qingchuan *et al.* On the Accuracy of Measured Proximity of Bluetooth-based Contact Tracing Apps. In: **International Conference on Security and Privacy in Communication Networks**, 2020, 12p.

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Acadêmico(a): _____

Avaliador(a): **Simone Erbs da Costa**

		ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO	O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X			
		O problema está claramente formulado?	X			
	1. OBJETIVOS	O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X			
		Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X			
	2. TRABALHOS CORRELATOS	São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	X			
	3. JUSTIFICATIVA	Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	X			
		São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X			
		São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X			
	4. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO	Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	X			
	5. METODOLOGIA	Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X			
ASPECTOS METODOLÓGICOS		Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	X			
	6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto)	Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X			
		As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	X			
	7. LINGUAGEM USADA (redação)	O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X			
		A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X			

**PARECER – PROFESSOR AVALIADOR:
(PREENCHER APENAS NO PROJETO)**

O projeto de TCC deverá ser revisado, isto é, necessita de complementação, se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **5 (cinco)** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (**X**) APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: _____

02/12/2020

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO – TCC ACADÊMICO		
() PRÉ-PROJETO	(X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2020/2

MAPEAMENTO DE POTENCIAL DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO POR DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VIAS RESPIRATÓRIAS COM BASE NA MOVIMENTAÇÃO DE INDIVÍDUOS

Joana Cristina Tietjen

Profª. Luciana Pereira de Araújo Kohler – Orientadora

1 INTRODUÇÃO

Epidemias e pandemias são surtos de doenças que acompanham a humanidade há milhares de anos. Exemplos como a varíola, uma doença contagiosa causada pelo vírus da família *Orthopoxvirus variolae*, foi uma das mais devastadoras doenças conhecidas da humanidade. Acredita-se que a doença existiu por pelo menos 3000 anos e milhões de mortes foram causadas até a sua erradicação (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020a). Os estudos na ciência evoluem a partir de cada surto e a partir de 1990, planos de preparação para o enfrentamento a pandemias passou a ser utilizado na Europa. A prática, adotada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e diversos países, é ajustada e aprimorada com as experiências vividas após cada novo episódio pandêmico (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012).

Algumas epidemias ocorrem por doenças que são transmitidas pelo consumo de alimento e bebidas contaminadas, como é o exemplo da Cólera. Nestes casos, existe a possibilidade de controle de infecção através de saneamento básico e prática de higiene básica uma vez que a sua origem é identificada (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020b). Já doenças transmitidas por vias respiratórias, como é o caso da Corona Vírus Disease (COVID-19), requerem a proximidade entre indivíduos para a sua transmissão. Para isso, o distanciamento social é utilizado para reduzir interações entre indivíduos de uma comunidade em que há o risco de infecção (WILDER-SMITH, ~~A~~; FREEDMAN, ~~D-O~~, 2020). Visto que o distanciamento é aplicado com base na suspeita de infecção, o mapeamento de casos assintomáticos de doenças que chegam em uma região em que ainda não há casos confirmados é um desafio (CHASTEL, 2012). Estudos feitos com o novo coronavírus comprovaram que a taxa de indivíduos que não apresentam sintomas ao testarem positivo não é baixa (ARONS *et al.*, 2020). Com isso, a transmissão que ocorre em casos assintomáticos ou quando os sintomas ainda não apareceram contribui para uma rápida propagação do vírus (ARONS *et al.*, 2020). Com estas informações é possível concluir que indivíduos assintomáticos podem infectar rapidamente uma população que ainda não adotou o distanciamento social pela falta de suspeita da doença.

A fim de buscar uma forma de conter a propagação de doenças em seu estágio inicial, este trabalho busca entender a possibilidade de mapear riscos de potencial infecção entre uma população. O foco será rastrear o risco de propagação a partir da chegada de indivíduos de regiões consideradas infectadas por uma doença contagiosa, considerando que indivíduos assintomáticos são capazes de transmitir a doença.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo do trabalho proposto é mapear casos de potencial risco de infecção por doenças contagiosas a partir da proximidade entre duas ou mais pessoas com base na sua geolocalização e proximidade entre dispositivos, a partir do momento que um destes indivíduos é considerado um potencial risco de infecção.

Os objetivos específicos são:

- a) traçar a proximidade entre indivíduos com potencial risco de infecção, com base na geolocalização e rastreamento por contato, informando os demais indivíduos sobre o risco de possível contágio;
- b) avaliar a probabilidade de infecção entre indivíduos com base na proximidade e tempo de contato, levando em consideração o já possível contágio de pelo menos um dos indivíduos;
- c) mapear regiões onde novos casos de doenças contagiosas foram identificados, classificando o local como uma região de risco.
- d) disponibilizar informações básicas já identificadas sobre a doença, como grupo de risco, sintomas, origem, tratamentos, etc.

2 TRABALHOS CORRELATOS

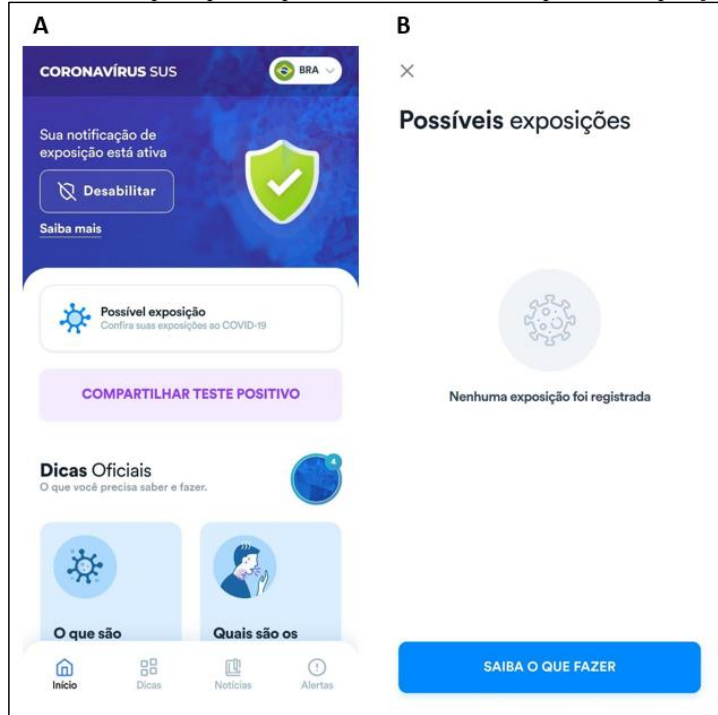
Nesta seção são apresentados trabalhos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. A subseção 2.1 traz o aplicativo móvel Coronavírus – Sistema Único de Saúde (SUS), criado para conscientizar a população sobre a COVID-19 e que utiliza o rastreamento de contato via Bluetooth para alertar usuários que se aproximaram de indivíduos testados positivo para a doença (GOVERNO DO BRASIL, 2020). A subseção 2.2 apresenta o aplicativo StopCovid France, que utiliza rastreamento de contato para alertar o risco de contágio por COVID-19 no território francês (GOUVERNEMENT, 2020). A subseção 2.3 apresenta o sistema de Cardozo (2018), criado para que especialistas possam analisar, por meio da geolocalização de pacientes, locais de possíveis focos de infecção de malária.

2.1 APLICATIVO MÓVEL CORONAVÍRUS SUS

O aplicativo Coronavírus – SUS, criado pelo Ministério da Saúde do Brasil, busca auxiliar a população no enfrentamento da COVID-19. Para isso, o aplicativo dispõe informações sobre o que é a doença, quais são os sintomas, como é transmitida e formas de prevenção. É possível também fazer uma avaliação do estado de saúde. Dependendo da compatibilidade com os sintomas da COVID-19, o usuário é instruído a se encaminhar para a unidade de saúde mais próxima (GOVERNO DO BRASIL, 2020). As unidades de saúde próximas do usuário podem ser facilmente localizadas por um mapa disponibilizado pelo aplicativo. O aplicativo também conta com recurso de notificação de exposição ao vírus, com base no rastreamento de contato do usuário com indivíduos que testaram positivo para a doença nos últimos 14 dias (TRINDADE, 2020). O rastreamento de contato é feito utilizando a aproximação por Bluetooth e troca de chaves anônimas, garantindo a segurança dos usuários. A movimentação feita pelos indivíduos não é rastreada visto que não é utilizada a geolocalização de dispositivos (TRINDADE, 2020). Com as informações armazenadas após a aproximação de indivíduos, caso um usuário informe futuramente que testou positivo, todos os dispositivos que estiveram em contato próximo serão notificados sobre o risco de infecção (TRINDADE, 2020).

A Figura 1 apresenta a interface principal do sistema, com um status de exposição ao vírus e dicas oficiais. Apresenta também uma segunda interface (B) onde são listadas as exposições do usuário, caso exista alguma. Os indivíduos que testam positivo para a doença precisam voluntariamente registrar a informação para o aplicativo, garantindo a veracidade da informação. O aplicativo encaminha o usuário para a utilização do serviço “Valida Coronavírus-SUS”, responsável por confirmar que o resultado positivo do exame informado é verídico (TRINDADE, 2020).

Figura 1 - Interface principal do aplicativo (A) e interface de possíveis exposições (B)



Fonte: elaborado pelo autor.

Comentado [AS1]: Tem ponto no final na fonte. Rever em todas as figuras.

A política de privacidade do aplicativo segue a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Dentre os termos de uso, está descrito que o aplicativo não coleta dados que revelem a identidade dos usuários e que as chaves gravadas pela aproximação Bluetooth são protegidas por criptografia (TRINDADE, 2020). Ainda segundo Trindade (2020, p.1), “Os dados são salvos em servidores no Brasil, gerenciados por órgãos públicos e mantidos pelo Ministério da Saúde.”. Quanto as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo, não foram encontradas informações disponíveis.

2.2 APLICATIVO MÓVEL STOPCOVID FRANCE

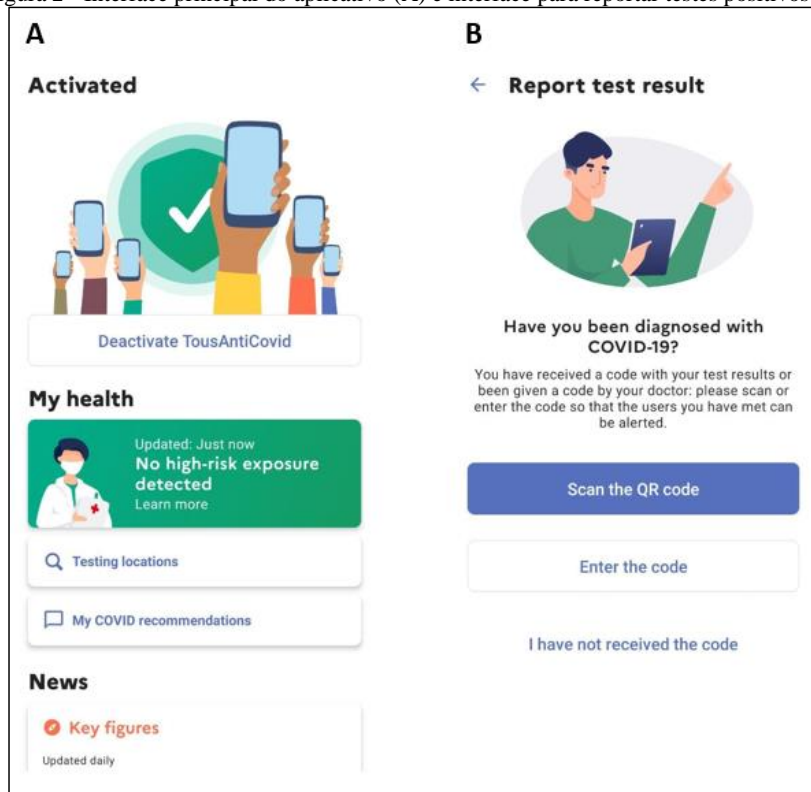
StopCovid France é um aplicativo móvel desenvolvido sob a supervisão francesa do Ministério da Solidariedade e Saúde e Ministério do Estado para Assuntos Digitais. Apesar de estar disponível para download em outros países, o aplicativo foi projetado para utilização no território francês (GOUVERNEMENT, 2020). A finalidade do aplicativo é notificar usuários que tenham estado em contato com indivíduos que testaram positivo para COVID-19 nos últimos 14 dias. A notificação é apresentada para usuários que estiveram em contato a menos

de um metro por no mínimo 15 minutos com o indivíduo infectado (GOUVERNEMENT, 2020).

O aplicativo utiliza a conexão Bluetooth para realizar o rastreamento de contato. Um identificador randômico é compartilhado entre os dispositivos próximos como forma de identificação entre eles. Este identificador é renovado a cada 15 minutos para garantir a segurança dos usuários. De acordo com o resumo do aplicativo de Gouvernement (2020, p.1), “O aplicativo não utiliza em nenhum momento a localização das pessoas, sendo impossível conhecer a identidade dos utilizadores”. Os termos de confidencialidade apresentados após o download do aplicativo, informam que os dados são armazenados no dispositivo do usuário. A partir da confirmação da doença, o usuário pode optar por disponibilizar estes dados para um servidor supervisionado pelo Ministério da Solidariedade e Saúde. Além disso, as informações são automaticamente deletadas do dispositivo móvel e do servidor após 14 dias. Também de acordo com o tempo de confidencialidade, o usuário pode optar por deletar seus dados armazenados, assim como cancelar o seu registro ou desativar temporariamente o aplicativo a qualquer momento. Para que o indivíduo possa se identificar no aplicativo como um caso positivo de COVID-19, o paciente recebe do seu médico um Quick Response Code (QR Code) e um código alfanumérico (FIGUEREDO, 2020) que expira em 60 minutos. Com base nestes códigos o aplicativo confirma o indivíduo como um caso positivo de COVID-19.

As demais tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo não foram identificadas. A Figura 2 apresenta a interface inicial do aplicativo com status de exposição, recomendações e locais de realização de testes. Apresenta também a interface que permite inserir o código ou QR Code recebido para reportar o diagnóstico positivo da doença.

Figura 2 - Interface principal do aplicativo (A) e interface para reportar testes positivos (B)

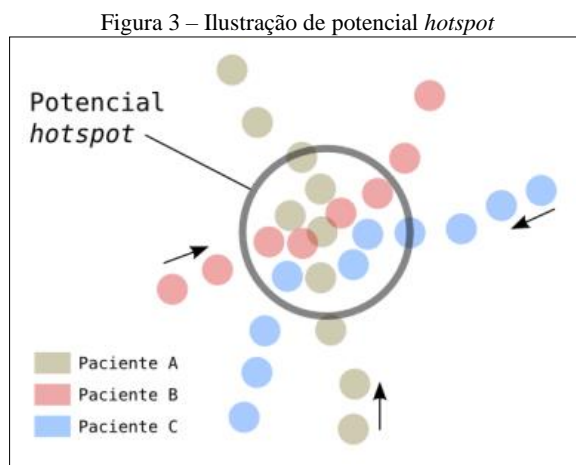


Fonte: elaborado pelo autor.

A definição da distância e tempo mínimo de contato definido para a notificação de usuários foi criticada por ser muito restritiva e otimista, definida buscando descartar o excesso de casos falso-positivos e o pânico entre a população (ROWE; NGWENYAMA; RICHET, 2020). Além disto, de acordo com Rowe; Ngwenyama; Richet (2020, p.1, tradução nossa) “(o sistema) coleta mais dados do que foi originalmente afirmado pelo governo.”. Por fim, a forma que oficiais do governo buscaram para convencer o público causou controvérsias. A tentativa de intimidar o público mencionando o número de mortes pela doença em vez de garantir a segurança e privacidade dos dados da população (ROWE; NGWENYAMA; RICHET, 2020) aumentou o medo do surgimento de uma vigilância do estado sobre a sociedade (FIGUEREDO, 2020).

2.3 MAPEAMENTO DE HOTSPOTS DE TRANSMISSÃO DE MALÁRIA UTILIZANDO GEOLOCALIZAÇÃO DE PACIENTES

Cardozo (2018) traz um sistema de mapeamento para casos confirmados de malária. O mapeamento auxilia especialistas a analisarem trajetos e pontos de parada dos pacientes entre o período de pré exposição até o período de aparecimento de sintomas. Os dados são coletados com o consentimento do paciente por meio da geolocalização de seu dispositivo móvel. Isto permite a identificação de possíveis locais de infecção compartilhado entre vários pacientes, também denominados de *hotspots*, conforme ilustra a Figura 3 (CARDOZO, 2018).



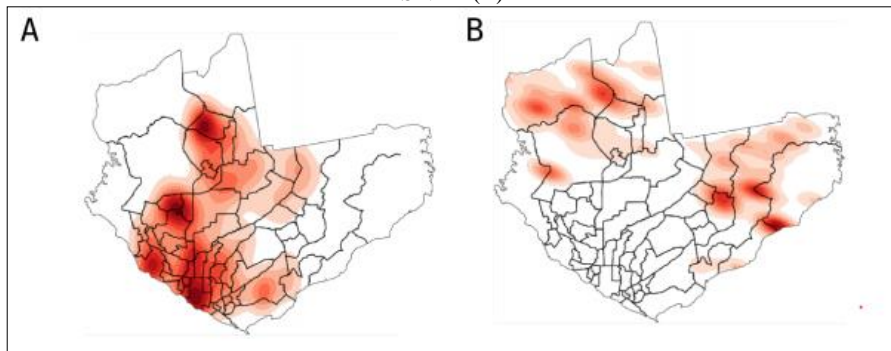
Fonte: adaptada de Cardozo (2018).

Para que seja possível obter o registro dos locais visitados pelo paciente de forma retroativa, o serviço Google Takeout foi utilizado. Nele é possível ter acesso ao histórico de localização geográfica de cada usuário. O aplicativo web direciona o usuário para o download do serviço Google e, após a aceitação de termos de consentimento, permite o envio dos dados confidenciais do usuário (CARDOZO, 2018).

A arquitetura do sistema desenvolvido é dividida em três partes principais. A primeira parte corresponde a ação do usuário de disponibilizar seus dados na plataforma web. Após a coleta destes dados, é realizada uma etapa de processamento de dados em que são identificados pontos de parada de cada usuário e a detecção de possíveis *hotspots*. No final do processamento de dados, as informações são armazenadas em um banco de dados que, em seguida, fica disponível para acesso e análise de especialistas por meio da plataforma web SiPoS Explorer (CARDOZO, 2018).

O estudo foi aplicado em pacientes com malária do hospital Fundação de Medicina Tropical Heitor Viera Dourado, de Manaus, Amazonas (AM), que consentiram em participar. Os dados de 113 pacientes com malária foram analisados para identificar os locais de maior concentração de pontos de parada em comum destes pacientes, conforme mostra a Figura 4. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** As informações que foram processadas no sistema foram comparadas com os casos registrados no Sistema de Vigilância Epidemiológica de Malária (SIVEP), sistema este alimentado por uma ficha de notificação preenchida com os dados do paciente após a confirmação ou suspeita de malária. Nesta ficha constam informações como provável local de infecção e coletadas sem utilização de geolocalização (CARDOZO, 2018).

Figura 4 - Pontos de parada identificados pelo estudo (A) e dados reportados pelo sistema SIVEP (B)



Fonte: adaptado de Cardozo (2018).

A ferramenta foi desenvolvida utilizando JavaScript, Hypertext Markup Language (HTML) e Cascading Style Sheets (CSS) para construção da interface gráfica, garantindo o design responsivo. Para o desenvolvimento do *back-end* da aplicação foi utilizado o *framework* Flask em Python. O servidor web foi configurado com protocolo Hyper Text Transfer Protocol Secure (HTTPS) garantindo a criptografia de dados. A ferramenta SiPos Explorer foi desenvolvida utilizando o *framework* Vue.js (CARDOZO, 2018).

3 PROPOSTA DO SOFTWARE

Nesta seção será apresentada a proposta do desenvolvimento do software, por meio da justificativa do trabalho proposto na subseção 3.1, dos principais requisitos do problema apresentados na subseção 3.2 e da metodologia e do cronograma a ser seguido conforme a subseção 3.3.

3.1 JUSTIFICATIVA

Na seção 2 foram apresentados trabalhos correlatos que apresentam características que se assemelham a proposta do software, seja pela utilização de geolocalização de usuário ou pelo contexto abordado. O Quadro 1 apresenta ~~por meio de~~ as linhas uma sequência de características e, ~~por meio de~~ as colunas, o comparativo entre os 3 trabalhos correlatos descritos na seção 2.

Quadro 1 – Comparativo dos trabalhos correlatos

Características	Coronavírus - SUS (GOVERNO DO BRASIL, 2020)	StopCovid France (GOUVERNEMENT, 2020)	SiPoS (CARDOZO, 2018)
Serviço de geolocalização	Não	Não	Sim
Rastreamento de contato via Bluetooth	Sim	Sim	Não
Notificação de risco	Sim	Sim	Não
Disponibilização de informações relevantes ao usuário	Sim	Sim	Somente ao especialista
Plataforma	Móvel	Móvel	Web

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme as informações apresentadas no Quadro 1, Coronavírus - SUS (GOVERNO DO BRASIL, 2020) e StopCovid France (GOUVERNEMENT, 2020) ganham destaque em relação a disponibilização de informações relevantes ao usuário/paciente. As informações fornecidas por ambos são relevantes e auxiliam o usuário a se proteger da doença. SiPoS (CARDOZO, 2018) não atende a esta característica se tratando dos pacientes que fornecem suas informações, contendo os resultados apenas para especialistas da área.

SiPoS (CARDOZO, 2018) utiliza a geolocalização para realizar o processamento de dados necessário para identificar possíveis locais de infecção compartilhados, contudo, não utiliza estes resultados para notificar usuários que se encontram nestes locais. SiPoS (CARDOZO, 2018) não utiliza a tecnologia de rastreamento de contato via Bluetooth. Coronavírus – SUS (GOVERNO DO BRASIL, 2020) e StopCovid France (GOUVERNEMENT, 2020) não mantêm informações sobre a localização de usuários visto que não utiliza serviços de geolocalização, ambos realizam apenas o rastreamento de contato via Bluetooth. Coronavírus – SUS e StopCovid France se destacam por notificar usuários sobre o risco de infecção do vírus, enquanto SiPoS não utiliza as informações coletadas para informar os usuários que se encontram em áreas de risco. Por fim, referente a plataforma das aplicações, Coronavírus - SUS e StopCovid France são dispositivos móveis. SiPoS foi desenvolvido como plataforma web, porém, como conta com responsividade, é possível a utilização do sistema em dispositivos móveis.

Diante do exposto, o trabalho proposto ganha relevância ao ter a flexibilidade de trabalhar com diversas doenças contagiosas que surjam ao longo do tempo. A disponibilização de um resumo com as principais informações conhecidas sobre a doença que for utilizada em questão, permite aos usuários ter uma visão geral sobre os perigos do contágio. Estas informações, trabalhadas em conjunto com a condição de saúde cadastrada pelo usuário, permite o sistema alertar este indivíduo caso se encontre no grupo de risco.

A utilização da geolocalização dos dispositivos junto do rastreamento de contato com o objetivo de alertar usuários com base na proximidade de outros indivíduos considerados com possível risco de infecção, permite com que medidas de prevenção sejam tomadas de forma antecipada. Esta antecipação pode proporcionar um maior controle nos estágios iniciais da doença, podendo mapear pessoas em risco de contaminação antes mesmo do aparecimento de sintomas. Além disso, o trabalho proposto traz como contribuição tecnológica o desenvolvimento de um aplicativo móvel com serviço de geolocalização e rastreamento por contato via Bluetooth. Academicamente, o trabalho contribui para o estudo de soluções que visam evitar contaminações em massa e diminuir o risco para indivíduos com problemas de saúde. O levantamento de um questionário ao final do trabalho também ajudará a entender o nível de aceitação de proposta na sociedade.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os principais Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF) propostos neste trabalho são:

- a) notificar usuários que estejam em uma área de proliferação do vírus ou bactéria (RF);
- b) notificar usuários que tenham contato próximo com usuários que estejam com risco de contaminação (RF);
- c) considerar como um usuário em risco qualquer um que seja notificado pelo sistema (RF);
- d) disponibilizar um resumo com informações relevantes já conhecidas sobre a doença (RF);
- e) informar quais são as áreas de proliferação da doença já mapeadas (RF);
- f) permitir que o usuário informe condições de saúde (RF);
- g) mapear novas áreas de possível proliferação da doença com base nos indivíduos considerados com risco de infecção (RF);
- h) implementar um aplicativo móvel que notifique usuários que estão com risco de possível contágio (RNF);

- i) implementar serviço de geolocalização (RNF);
- j) implementar serviço de rastreamento por contato via Bluetooth Low Energy (BLE) (RNF);
- k) implementar o trabalho utilizando a linguagem Python e o *framework* Kivy (RNF);
- l) utilizar SQL e SQLite3 como banco de dados (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) levantamento bibliográfico: realizar um estudo e levantamento bibliográfico sobre os trabalhos correlatos e os tópicos apontados na revisão bibliográfica;
- b) elicitação de requisitos: reavaliar os requisitos apresentados na seção 3.2 e, caso necessário, realizar ajustes necessários;
- c) análise e projeto: analisar as informações levantadas para planejar a estrutura do projeto, as etapas de implementação e os testes a serem realizados;
- d) implementação: implementar um aplicativo móvel que permita notificar usuários que se encontram em possível risco de contágio de doenças com base no seu caminho percorrido, assim como desenvolver os demais requisitos levantados;
- e) testes e validação: validar se os requisitos estão funcionais e testar o aplicativo implementado;
- f) questionário: aplicar um questionário para grupos de interesse com o objetivo de avaliar a aceitação do trabalho desenvolvido.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma

etapas / quinzenas	2021									
	fev.		mar.		abr.		mai.		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Levantamento bibliográfico										
Elicitação de requisitos										
Análise e projeto										
Implementação										
Testes e validação										
Questionário										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são apresentados os principais assuntos que serão utilizados como base para a construção do trabalho. Na subseção 4.1 é apresentado o conceito de geolocalização e o seu funcionamento. A subseção 4.2 apresenta o funcionamento da tecnologia Bluetooth Low

Energy (BLE) e seus principais desafios. Por fim, na subseção 4.3 são apresentados os principais tipos de arquitetura de sistemas de rastreamento por contato.

4.1 GEOLOCALIZAÇÃO

A geolocalização é um processo que busca estimar a localização de algo no globo terrestre com base na posição geográfica de algum dispositivo que contenha tecnologia Global Positioning System (GPS) (DARNLEY; PEURA; SEELEY, 2018). Esta estimativa é feita por meio da comunicação entre dispositivos equipados com GPS e satélites com sistema Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Estes satélites transmitem constantemente a sua própria localização. Já os dispositivos com GPS, ao receberem a localização de um conjunto de satélites, podem determinar a posição atual do dispositivo na Terra (DARNLEY; PEURA; SEELEY, 2018). Este processo é conhecido como trilateração GPS. A acurácia da localização estimada depende diretamente das informações recebidas pelos satélites. Caso a distância entre satélites calculada tenha alguma discrepância, a localização determinada pelo dispositivo pode ter uma diferença de até 4,9 metros (DARNLEY; PEURA; SEELEY, 2018).

4.2 MAPEAMENTO POR CONTATO COM BLE

Bluetooth Low Energy (BLE) é uma variação da tecnologia Bluetooth clássica em que o consumo de energia é reduzido procurando manter os padrões de conexão (LEITH; FARRELL, 2020; ZHAO, *et al.*, 2020). A tecnologia serve para trocar informações entre dispositivos e opera emitindo ondas de rádio a 2.4GHz (LEITH; FARRELL, 2020). Estas ondas são enviadas com um identificador, que por segurança, é alterado após um período ~~de tempo~~. Quando dois dispositivos se conectam via BLE, é possível estimar a força desta conexão pelo Received Signal Strength Indicator (RSSI) que é um indicador que estima a força do sinal recebido (LEITH; FARRELL, 2020).

Em um cenário em que dois dispositivos estejam em um local aberto, sem nenhuma pessoa ou objeto entre eles, conforme os dispositivos forem se aproximando, o sinal RSSI ficará mais forte. Ao se afastarem, o sinal tende a diminuir de intensidade. O uso destas tecnologias está sendo aplicado para o rastreamento por contato de doenças transmissíveis, como foi possível ver nos trabalhos corretados das seções 2.1 e 2.2. Isto ocorre, pois a junção do sinal RSSI com uma estimativa do tempo de contato entre dois dispositivos pode indicar eventos de proximidade entre estes indivíduos (LEITH; FARRELL, 2020).

Um desafio encontrado na utilização de BLE para o rastreamento de contato está na alteração de sinal por conta de obstáculos (LEITH; FARRELL, 2020). A presença de móveis,

Comentado [AS2]: Não é necessário repetir em cada frase o mesmo autor. Como é sempre o mesmo autor, você pode iniciar o parágrafo referenciando e está ok.

objetos, e até mesmo pessoas influencia diretamente no recebimento do sinal (LEITH; FARRELL, 2020). Estudos feitos por Leith e Farrell (2020) mostram uma mudança no nível RSSI em diferentes ambientes, como dentro de casas, em supermercados e até mesmo em salas de reunião dependendo da localização do dispositivo (na mesa de reunião ou no bolso de uma pessoa, por exemplo). Esta instabilidade pode acarretar casos de falso negativo, em que indivíduos estão relativamente próximos, mas por fatores externos o sinal é perdido (LEITH; FARRELL, 2020). Também há a possibilidade de indivíduos se encontrarem em ambientes diferentes, porém a uma distância curta. Neste caso, existe a possibilidade do sinal BLE atravessar uma parede e gerar um caso falso positivo (LEITH; FARRELL, 2020).

Formatado: Realce

Formatado: Realce

Formatado: Realce

Formatado: Realce

4.3 ARQUITETURA DE APLICATIVOS DE RASTREAMENTO DE CONTATO

Após o surgimento do COVID-19, a utilização das tecnologias BLE e GPS passaram a ser amplamente utilizadas como ferramenta de auxílio para identificar a propagação do vírus entre indivíduos (AHMED *et al.*, 2020). Contudo, os aplicativos que foram criados com esse intuito levantaram um receio da população em relação a privacidade e segurança dos seus dados pessoais (ABELER *et al.*, 2020). De acordo com Abeler *et al.*, (2020, p. 4, tradução nossa), “O motivo mais frequente para a não instalação é a preocupação de que o governo poderia utilizar esses aplicativos como uma desculpa para maior monitoramento depois do fim da epidemia.”. A fim de entender os riscos de privacidade e segurança, ~~esta subseção~~este trabalho? busca especificar os três tipos de arquitetura de aplicativos de rastreamento e suas características.

A arquitetura centralizada consiste em focar grande parte das atividades do sistema no servidor. Nesta arquitetura as informações pessoais do usuário são armazenadas unicamente no servidor. Também é o servidor responsável por manter informações sobre quais dispositivos estão ou podem estar infectados (AHMED *et al.*, 2020). O próprio dispositivo cuida apenas de manter as chaves utilizadas para comunicação por BLE e o registro das interações entre o dispositivo e demais dispositivos (AHMED *et al.*, 2020). Neste tipo de arquitetura é importante manter o servidor em segurança. O maior risco quanto a privacidade e segurança desta arquitetura é a invasão desse servidor que poderia comprometer a privacidade dos usuários por conta de informações pessoais armazenadas (AHMED *et al.*, 2020). Um sistema com essa arquitetura poderia ter um problema de segurança caso informações incorretas sejam repassadas aos dispositivos, como por exemplo, falsos diagnósticos.

A arquitetura descentralizada, em contra partida, busca manter boa parte do sistema rodando dentro do próprio dispositivo móvel (AHMED *et al.*, 2020). Nessa arquitetura as informações pessoais do usuário não são cadastradas no sistema, em vez disso são utilizados

identificadores anônimos que garantem a privacidade dos usuários (AHMED *et al.*, 2020). O processamento das interações é feito também no próprio dispositivo móvel. Em um contexto de aplicativos que notificam casos confirmados da doença, o servidor serve apenas para receber o identificador de dispositivos que tiveram uma interação de risco e notificá-los sobre o ocorrido (AHMED *et al.*, 2020). Em relação a privacidade de dados, a arquitetura descentralizada traz mais segurança aos dados do usuário, visto que não corre o risco de ter suas informações pessoais comprometidas (AHMED *et al.*, 2020). As únicas informações que poderiam ser obtidas do servidor nesse cenário seriam chaves de usuários que correm o risco de infecção.

Por último, a arquitetura híbrida busca trazer um equilíbrio entre a distribuição de tarefas entre dispositivo e servidor (AHMED *et al.*, 2020). Nela, as informações pessoais não são registradas e o identificador anônimo é utilizado para garantir a privacidade, assim como na arquitetura descentralizada. O processamento das interações e notificação de casos suspeitos passa a ser tarefa do próprio servidor, porém sem informações que venham a comprometer o indivíduo (AHMED *et al.*, 2020). Com isto, caso ocorra algum tipo de ataque no servidor, as informações sobre interações de dispositivos podem ser comprometidas sem afetar a privacidade ou segurança do usuário (AHMED *et al.*, 2020).

REFERÊNCIAS

ABELER, Johannes *et al.* COVID-19 Contact Tracing and Data Protection Can Go Together. **Jmir Mhealth Uhealth**. [S. L.], 20 abr. 2020. Disponível em: <https://mhealth.jmir.org/2020/4/e19359/>. Acesso em: 16 out. 2020.

ABELER, J. *et al.* COVID-19 Contact Tracing and Data Protection Can Go Together. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 8, n. 4, p. e19359, 20 abr. 2020. Disponível em: <https://mhealth.jmir.org/2020/4/e19359/>. Acesso em: 16 out. 2020.

AHMED, N. *et al.* A Survey of COVID-19 Contact Tracing Apps. **IEEE Access**, v. 8, p. 134577–134601, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9144194>. Acesso em: 16 out. 2020.

ARONS, M. M. *et al.* Presymptomatic SARS-CoV-2 Infections and Transmission in a Skilled Nursing Facility. **New England Journal of Medicine**, v. 382, n. 22, p. 2081–2090, 28 maio 2020. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2008457>. Acesso em: 18 out. 2020.

CARDOZO, Lucas Esteves. **Mapeamento de hotspots de transmissão de malária utilizando geolocalização de pacientes**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Comentado [AS3]: Ver comentário anterior.

Comentado [AS4]: Os prenomes e demais sobrenomes dos autores podem ser ou não abreviados, desde que seja seguido o mesmo padrão de abreviação.

Comentado [AS5]: Mesma referência

CHASTEL, C. Eventual Role of Asymptomatic Cases of Dengue for the Introduction and Spread of Dengue Viruses in Non-Endemic Regions. **Frontiers in Physiology**, v. 3, 2012. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2012.00070/full>. Acesso em: 10 out. 2020.

DARNLEY, Ryan; PEURA, Nathaniel; SEELEY, Justin. **Geolocation Using Smartphone Sensors**. Worcester, 2018.

FIGUEREDO, Manuela. **Conheça aplicativo francês para rastrear o coronavírus que já ultrapassa 1 milhão de usuários**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://blogs.ne10.uol.com.br/mundobit/2020/06/08/conheca-aplicativo-frances-para-rastrear-o-coronavirus-que-ja-ultrapassa-1-milhao-de-usuarios/>. Acesso em: 16 out. 2020.

GOUVERNEMENT. **StopCovid France – Apps no Google Play**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.gouv.android.stopcovid>. Acesso em: 16 out. 2020.

GOVERNO DO BRASIL. **Coronavírus - SUS – Apps no Google Play**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.gouv.android.stopcovid>. Acesso em: 15 out. 2020.

LEITH, D. J.; FARRELL, S. Coronavirus contact tracing: Evaluating The Potential Of Using Bluetooth Received Signal Strength For Proximity Detection. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, v. 50, n. 4, p. 66–74, 26 out. 2020.

ROWE, F.; NGWENYAMA, O.; RICHET, J.-L. Contact-tracing apps and alienation in the age of COVID-19. **European Journal of Information Systems**, p. 1–18, 13 set. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0960085X.2020.1803155?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 16 out. 2020.

TRINDADE, Rodrigo. **App Coronavírus SUS agora vai avisar quando usuário foi exposto; entenda**. [S. L.]. 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/07/31/app-coronavirus---sus-adiciona-rastreamento-de-contatos-entenda.htm>. Acesso em: 15 out. 2020.

WILDER-SMITH, A.; FREEDMAN, D. O. Isolation, quarantine, social distancing and community containment: pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak. **Journal of Travel Medicine**, v. 27, n. 2, 13 fev. 2020. Disponível em: <https://academic.oup.com/jtm/article/27/2/taaa020/5735321>. Acesso em: 18 out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Smallpox**. [S. L.]. 2020a. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/smallpox#tab=tab_1. Acesso em: 07 out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Developing pandemic preparedness in Europe in the 21st century: experience, evolution and next steps**. [S. L.]. 2012. Disponível em: <https://www.who.int/bulletin/volumes/90/4/11-097972/en/>. Acesso em: 09 out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cholera**. [S. L.]. 2020b. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/cholera#tab=tab_2. Acesso em: 09 out. 2020.

ZHAO, Qingchuan *et al.* On the Accuracy of Measured Proximity of Bluetooth-based Contact Tracing Apps. In: **International Conference on Security and Privacy in Communication Networks**, 2020, 12p.

Comentado [AS6]: Você deve seguir a ordem cronológica crescente de publicação quando houver mais de uma referência do mesmo autor.

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR TCC I

Acadêmico(a): Joana Cristina Tietjen _____

Avaliador(a): Andreza Sartori _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	X		
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		
	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	X		
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?	X		
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?		X	
	As citações obedecem às normas da ABNT?	X		
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?	X		

PARECER – PROFESSOR DE TCC I OU COORDENADOR DE TCC (PREENCHER APENAS NO PROJETO):

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (x) APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: 14/12/2020 _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.