

AedesMap: uma alternativa móvel para obtenção de dados georreferenciados da Dengue, Zika e Chikungunya

AedesMap: A mobile alternative for obtaining georeferenced Dengue, Zika e Chikungunya data

Gustavo Alves Miguel, Paulo Alexandre Bressan & Gabriel Gerber Hornink

Aedes; Mapeamento Geográfico; Smartphone.

Objetivou-se o desenvolvimento e avaliação do aplicativo AedesMap, para dispositivos móveis com sistema Android. Possibilita-se neste a criação e visualização de registros de casos das doenças Dengue, Zika e Chikungunya, além de focos do mosquito *Aedes aegypti*, possibilitando a geração de mapas de calor/dispersão. Para o desenvolvimento, utilizou-se a metodologia Scrum, fazendo-se inicialmente uma revisão sistemática dos aplicativos semelhantes no Google Play. A geração dos dados resulta da cooperação da população com os agentes de saúde. Realizaram-se testes de usabilidade para avaliar a ferramenta, incluindo: checklist, Testfairy. As avaliações indicaram que o aplicativo é intuitivo, com ferramentas que facilitam a navegação e com grande parte das ações realizadas em poucos passos. Os dados indicam um grande potencial de uso pela comunidade, o que poderá auxiliar no controle epidemiológico, a partir da visualização dos dados georreferenciados e análise da dispersão (mapas de calor) em tempo real.

Aedes; Geographic Mapping; Smartphone.

*The objective was the development and evaluation of the application AedesMap, for mobile devices with Android system. It allows the creation and visualization of case records of Dengue, Zika and Chikungunya diseases, as well as foci of *Aedes aegypti* mosquitoes, allowing the generation of heat maps/ dispersion. For development, the Scrum methodology was used, starting with a systematic review of similar applications on Google Play. Data generation results from the cooperation of the population with health agents. Usability tests were performed to evaluate the tool, including: checklist and Testfairy. The evaluations indicated that the application is intuitive, with tools that facilitate navigation, and most actions can be done in a few steps. The data indicate a great potential for use by the community, which may assist in epidemiological control from the display of geo-referenced data and analysis of the dispersion (heat maps) in real time.*

1 Introdução

O *Aedes aegypti* é um mosquito endêmico do continente Africano, vetor de diversas enfermidades tais como Dengue, Chikungunya e Zika Vírus, havendo diversos os fatores que contribuem para o crescimento populacional do mosquito, sendo os principais fatores: clima, densidade demográfica e atividade econômica. É notório que o processo de infestação do mosquito ocorre mais rapidamente em regiões tropical e subtropical, sendo muito importante as atividades de vigilância epidemiológica para evitar o aumento da população doente.

Com relação à Dengue, o *Aedes aegypti* transporta o vírus com quatro diferentes sorotipos: DENV 1, DENV 2, DENV 3 e DENV 4. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), essa doença atinge cerca de 100 milhões de pessoas por ano. A febre Chikungunya, transmitida pelo mesmo vetor, é causada pelo vírus Chikungunya (CHIKV), sendo possível verificar ocorrências em países dos continentes como África, América Latina e Ásia. A doença Zika (ZIKV) foi isolada em macacos Rhesus na floresta Zika, na Uganda, em 1947. Atualmente existem alto número de registros de casos da doença Zika em países onde o mosquito *Aedes aegypti* está presente, caracterizando como um problema de saúde pública a nível mundial.

A principal forma de combate contra estas doenças está no controle do mosquito *Aedes aegypti*, sendo que existem registros nos quais o número de casos de doenças, como Dengue ou Febre amarela, foram reduzidos devido ao controle do mosquito (Marciel, Júnior & Martelli, 2008). Em 2018, Cingapura reduziu consideravelmente o risco de transmissão da Dengue por meio de campanhas e ações de combate ao mosquito vetor (Wentzel, 2005). Outro caso interessante foi o uso de um crustáceo (*Mesocyclops*), predador das larvas do mosquito, impedindo a proliferação do mosquito e a transmissão da Dengue em partes do Vietnã (Nam *et al* 2012). Apesar de haver a disponibilidade de vacinas, ainda é possível encontrar diversos relatos de epidemias em países onde o mosquito se encontra. Com isso, o uso de tecnologia, como forma de controle e estudos de vigilância do mosquito *Aedes aegypti* e suas doenças transmitidas, torna-se interessante, visando obter e analisar informações de maneira estratégica para o controle epidemiológico, como a criação de mapas de calor, os quais geram previsão de espalhamento e comportamento da doença com relação ao espaço geográfico.

Há diversos trabalhos (Varela, 2016; Barcellos & Bastos, 1996; Araújo, Ferreira & Abreu, 2008) na área de monitoramento de doenças utilizando tecnologias espaciais, com uso de satélites e dados georreferenciados, indicando as possibilidades de ganhos em produtividade e custo-benefício no controle de doenças. Muitos trabalhos de monitoramento de doenças dependem de uma análise espaço-temporal de informações que estão sob a superfície terrestre, para tanto, podem ser utilizadas estratégias usando tecnologias com SIG (sistemas de informações georreferenciadas)

e geoprocessamento, fornecendo um conjunto de ferramentas tecnológicas digitais destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais. Estas ferramentas possibilitam armazenar e manipular esses dados, possibilitando análises detalhadas e específicas dos eventos registrados, incluso modelos estatísticos para criação de panoramas visuais que possibilitam ações estratégicas com maior potencial de resultados positivos.

Pensando no estado atual do desenvolvimento tecnológico digital e na interação dos usuários com os sistemas, tem-se no uso dos dispositivos móveis um grande potencial de utilização dessas ferramentas para o controle epidemiológico, uma vez que com a redução dos custos do *smartphone* e tablete, além de designs que permitem uma melhor usabilidade e experiência do usuário, um maior número de pessoas utilizando esses dispositivos e com acesso à internet. Segundo a revista EXAME (Lucas, 2017), há 5 bilhões de pessoas no mundo com *smartphones*, sendo pelo menos 242 milhões de usuários concentrados no Brasil. Com isso, nota-se uma grande comunidade com potencial de colaboração, participando ativamente para o registro de informações de doenças e do mosquito e auxiliar no controle epidemiológico, de modo similar ao que ocorre nos registros para o sistema de trânsito Waze¹ (Waze, 2020), no qual os usuários podem informar acidentes e outros problemas e, de forma ativa e colaborativa, construir um mapa com informações de utilidade pública, tudo isso vinculado como resultado também do projeto de design da interface do sistema, que resulta na melhor interatividade com o sistema e manutenção dos usuários ativos no sistema *online*.

1 <https://www.waze.com>

Pretende-se com este artigo apresentar o desenvolvimento do aplicativo móvel para a plataforma Android AedesMap como uma possibilidade de mapeamento colaborativo do mosquito AedesMap e as doenças transmitidas por este, destacando os elementos de design usado em sua construção e sua avaliação de usabilidade, a partir da qual possibilita-se inferir o resultado do design do aplicativo e seu potencial como instrumento digital para o registro de pontos de infestação do mosquito Aedes e ocorrências de doenças causadas pelo mosquito, tais como Dengue, Zika e Chikungunya e, a partir destes dados, gerar mapas com os marcadores e mapas de calor (dispersão), com filtros de tempo e de tipo de dados, possibilitando-se realizar uma análise dos casos obtidos e facilitando a visualização dos mesmos.

2 Métodos

Buscando auxiliar no controle epidemiológico do mosquito *Aedes aegypti* e das enfermidades transmitidas por este, desenvolveu-se a ferramenta AedesMap, para plataforma Android, sendo que desenvolvimento caracterizado em três etapas: planejamento do aplicativo; desenvolvimento do aplicativo; avaliação da sua usabilidade.

3 Planejamento do aplicativo

A concepção do aplicativo surge a partir da problemática vivida no Brasil, anos após ano, envolvendo as doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*. Nesse sentido, ao buscar pesquisadores e trabalhos sobre controle epidemiológico, observa-se que a questão do mapeamento é um dos pontos centrais da área, pela questão da visualização dos dados referenciados geograficamente, como estratégia para tomada de decisões e para compreensão da distribuição e comportamento da transmissão das doenças.

Esta fase se iniciou com uma pesquisa pelos aplicativos preexistentes no Google play, visando-se identificar as ferramentas existentes, as demandas de funcionalidades, os padrões de design, para a construção da proposta de desenvolvimento do AedesMap, incluindo os aspectos da inovação nas funcionalidades com aplicação no problema do controle epidemiológico, principalmente em resultados na forma de imagem com potencial de ações estratégicas.

Budiu (2017) destaca que o desenvolvimento do aplicativo não deve focar no desenvolvedor, o qual crê, muitas vezes, que suas crenças são as mesmas dos usuários finais, ou seja, deve-se mudar o foco para o usuário final e referenciar o considera pertinente ou mais interativo. Desta forma, o primeiro elemento para o design do aplicativo parte de compreender como o controle epidemiológico atua, destacando-se nisto o uso de bases de dados populacionais das situações estudadas, sendo, comumente, estes dados georreferenciados e o uso dos mapas como uma meio visual de sintetizar essas informações no espaço geográfica. Dessa forma, o aplicativo deveria focar no registro facilitado dessas informações e em meios do usuário visualizar esses dados em mais de uma forma, trazendo informações sobre o posicionamento e espalhamento da doença e vetor. Destaca-se também que, ao considerar o usuário final no design, deve-se pensar em que o aplicativo em questão contribuirá na resolução de problemas destes e que estas possam fazer melhor algo que já faziam (Pinheiro, 2011).

Buscando os elementos do *design thinking*, Pinheiros (2011) destaca a não linearidade deste, fundamentando-se no tripé empatia – colaboração – experimentação, incentivando-se o envolvimento dos usuários finais no desenvolvimento da aplicação. Ao olhar para empatia, coloca-se no lugar no usuário final, com suas ansiedades, necessidades, buscando compreender como o aplicativo iria de encontro com estas. Para colaboração, envolveram-se os usuários na proposta de desenvolvimento, trazendo elementos reais do problema a ser resolvido. Por fim, durante a experimentação colocou-se o aplicativo em uso real por esses usuários, além de usuários da área de usabilidade, trazendo-se destes elementos para avançar a construção do aplicativo, conectando os elementos de design à avaliação de usabilidade.

Para a construção do design do AedesMap, buscaram-se elementos (signos estáticos e dinâmicos) que já fizessem parte da cultura dos usuários de aplicativos Android, o que pode resultar na melhor experiência com a interface e, por fim, aplicação da ferramenta ao problema a que o mesmo se destina. Espera-se com o design do aplicativo que os usuários sintam-se aptos e cativados por sua utilização (UX design) e que a interface seja agradável e de fácil uso (UI design). Buscaram-se os aplicativos preexistentes no repositório *Google Play*, usando-se o termo Aedes, Dengue, Zika e Chikungunya, e os resultados ultrapassaram 600 aplicativos em diversos idiomas, sendo que foram selecionados aqueles que tinham ferramentas para inserção de dados e geração de mapas, além disso. Desta seleção, filtraram-se 12 aplicativos com notas entre 3,8 e 5 (média total 4,3) indicadas pelos usuários, sendo eles: Detona Aedes (4,2); Observatório Aedes aegypti (4,3); Combate Aedes (4,8); Aedes Agentes (4,8); Aedes em Foco (4,8); Caça Aedes (4,7); Caça Mosquito (3,9); Aedes em Foco-v.2 (4,2); AntZika (4,3); Dengue SC (4,1); War on Dengue (4,2); Sem Dengue (3,8).

Nos aplicativos, observaram-se diversas dificuldades de uso, como o primeiro acesso com cadastramento e muitos passos para inserção dos dados ou pela não inserção dos dados (somente visualização do mapa com dados primários do usuário gestor do sistema). Os principais elementos de design levantados foram dificuldades na navegação entre telas, a presença de ruídos na exposição das informações e funcionalidades que facilitariam a visualização de dados, como por exemplo a filtragem de dados por período de tempo e o mapa de calor.

Deve-se atentar que os mapas são importantes instrumentos visuais usados no controle epidemiológico, uma vez que apresentam de modo sintético as informações situando-se estas geograficamente. Entretanto, a construção do mapa, segundo Klippel et al. (2005), deve manter a visualização clara dessas informações em dimensões reduzidas, de forma simplificada e sintética, com alta eficácia de comunicação, em outras palavras, o usuário deve ser capaz de compreender e, como destacado por Mijksenaar (1999), ser capaz de aplicar a informação que está disposta na resolução de um problema ou tarefa específica. Nesse sentido, o número elevado de marcadores em um mapa poderia gerar excesso de sobreposições, inviabilizando a análise das informações dispostas. Nesse sentido, o uso de *cluster/agrupamentos* por tipo de marcador possibilita, quando em afastamento do mapa (*zoom out*), o agrupamento dos marcadores próximos por tipo, gerando uma representação mais sintética e, ao aproximar, os *clusters* são desfeitos e os marcadores são apresentados detalhadamente. Além disso, somente o uso de marcadores não gera uma informação sintética dos agrupamentos e tendências, dessa forma, o uso de mapas de calor cria uma previsão estatística do espalhamento das frequências dos marcadores, usando-se cores para indicar as áreas de maior frequências (áreas quentes, em vermelho) e as de

menor (áreas frias, em azul), o que viabiliza ao usuário a compreensão espacial da situação epidemiológica melhor do que somente por agrupamento de pontos.

4 Desenvolvimento do aplicativo

Para garantir o bom desempenho da equipe, do escopo do projeto e o desenvolvimento satisfatório do aplicativo, utilizaram-se os princípios da metodologia ágil para gestão e planejamento de projetos de *software SCRUM* (Scrum, 2020), adaptando-se para a realidade de uma equipe reduzida, a partir da qual realizou-se o levantamento sistemático das funcionalidades desejadas do aplicativo. Em conjunto com o desenvolvimento da aplicação e diálogo com os usuários finais, realizou-se a avaliação da usabilidade contínua e final, além do desempenho de hardware do aplicativo em dispositivos móveis. O método de trabalho se baseia na execução de ciclos chamados de *sprints*, onde cada uma representa um conjunto de atividades a serem realizadas de forma iterativa. As funcionalidades definidas no projeto do aplicativo foram mantidas em uma lista chamada de *Product Backlog*. No início de cada *sprint* se definiram as prioridades das tarefas e apresentadas as concluídas, sendo que no decorrer de uma *sprint* são realizadas reuniões diárias, a fim de informar o que foi realizado no dia, passar o conhecimento adquirido para a equipe, e identificar impedimentos no desenvolvimento do trabalho.

Quanto ao desenvolvimento da aplicação, existem diversos sistemas operacionais para *smartphones*, cada sistema operacional possui sua própria estrutura e funcionalidade. Os fabricantes do sistema operacional fornecem plataformas para o desenvolvimento de *aplicações para determinado sistema operacional, como API's* (Application Programming Interface) e IDE (*Integrated Development Environment*). Por representar a maior parcela da comunidade de *smartphones* no Brasil, optou-se pela construção do aplicativo no sistema operacional Android, utilizando a plataforma *IDE Android Studio*² (Android Studio, 2020), uma vez que esta é a mais recomendada para o desenvolvimento de aplicativos Android. Destaca-se que todos esses dados são armazenados em um banco de dados MySQL (MySQL, 2020), como estrutura de armazenamento no aplicativo, realiza-se a conexão com o banco de dados e recuperam-se os marcadores adicionados previamente ao mapa por todos usuários. Utilizou-se a linguagem JAVA para o desenvolvimento da aplicação e a conexão com o banco de dados, por ser a linguagem nativa para aplicações Android.

Utilizou-se a tecnologia SIG para apresentação dos dados georreferenciados, fornecendo informações espaciais com possibilidade de armazenar, manipular e realizar a análise dos dados desejados. Utilizou-se a API do Google Maps (Google Maps, 2020a) para sobrepor marcadores sobre o mapa, onde um marcador no

² <https://developer.android.com/studio>

mapa se refere a um foco do mosquito ou uma das três doenças. Cada marcador apresenta um ícone e uma cor, de tal forma que se facilite a visualização rápida dos marcadores no texto de forma diferencial. Utilizou-se a função já usada em GPS e smartphones de diminuir ou aumentar o zoom com o movimento dos dedos (movimento de abrir e fechar), sendo que, uma importante questão de design foi o *cluster* dos marcadores, à medida que se executa o zoom out/afastar, dessa forma, se mantém a tela do mapa com boa visualização, sem excesso de marcadores que poderia gerar confusão na leitura ou mesmo sobreposições gerando perda de informações visuais. No modo de agrupamento, os marcadores de mesma indicação próximos são agrupados em um marcador central, o qual apresentará um número em seu interior, indicando o número de marcadores agrupados.

Destaca-se no aplicativo o desenvolvimento dos mapas de calor, também usando a API do Google Maps para tal função – *heatmap* (Google Maps, 2020b), uma vez que este traz aos usuários uma experiência de compreensão dos dados para além dos marcadores por si só, uma vez que resultam de uma análise estatística preditiva de espalhamento dos dados, o que confere a possibilidade de dados interpretativo do comportamento do espalhamento da doença, contribuindo com a ação do controle epidemiológico.

5 Avaliação

Para garantir uma melhor usabilidade e interface do aplicativo, assim como desempenho, para melhor interação entre os usuários e o sistema, fundamentou-se a avaliação nas “10 heurísticas de Nielsen” (Nielsen & Budiu, 2014), as quais embasam a avaliação de usabilidade de um sistema, destacando, no nosso contexto: Consistência e padrões, nas interfaces de telas do sistema é de extrema importância para o usuário final, se familiarizando com o aplicativo o usuário consegue navegar por todas as funcionalidades do sistema com facilidade; Prevenção de erros, consiste em prevenir uma determinada ação equivocada do usuário, aplica-se a confirmação de inserção de um caso de suspeita de doença no aplicativo; Reconhecimento em vez de memorização, na medida que o usuário navega pelo sistema poderá reconhecer facilmente as funcionalidades dispostas no aplicativo; Flexibilidade e eficiência de uso, enquanto os usuários desenvolvem conhecimento sobre o sistema aprendem atalhos para realizar as funcionalidades desejadas; Estética e design minimalista, layout simples e conteúdo direto facilitam o aprendizado do usuário e diminuem o tempo necessário para realizar ações. Com o objetivo de estudar o comportamento das pessoas, com relação a interatividade com o sistema e suas funcionalidades, desenvolveu-se uma sequência de ações, seguindo os princípios do percurso Cognitivo, para tanto, instruíram-se os usuários, sem conhecimento prévio do aplicativo, para realizarem algumas tarefas pré-determinadas (APÊNDICE A),

relacionadas com as funcionalidades do aplicativo, para verificar a intuição e a facilidade de aprendizado do usuário quanto à exploração do aplicativo, assim pode-se analisar seu comportamento ao realizar estas tarefas, o tempo de resposta ao realizar alguma instrução e a quantidade de cliques que o usuário levou para executar a instrução, destacando que incluiu-se no código do aplicativo, mecanismos de registro das ações dos usuários por meio do *Testfairy* (Testfairy, 2020). O *TestFairy* fornece relatórios e outras funcionalidades para análise do comportamento do usuário enquanto utiliza o aplicativo, criando sequência de captura de telas de sessões do aplicativo, registrando as ações do usuário no aplicativo, possibilitando a percepção do uso do sistema pelo usuário, o local que pressionou mais vezes na tela, o tempo a acionar alguma funcionalidade e o desempenho do sistema, possibilitando identificar possíveis melhorias na interface do programa, o desenvolvedor recebe um relatório de erros caso ocorra alguma falha sistêmica no aplicativo.

Após realização das ações determinadas aos avaliadores, os avaliadores responderam um checklist, construído a partir das dez heurísticas de Nielsen¹³, para a avaliação da usabilidade do sistema, com afirmações referentes à usabilidade do aplicativo, com respostas objetivas de concordância sobre as afirmações baseadas na escala de Likert (Sax, 1989, p. 491). Um checklist com respostas positivas representa a satisfação da usabilidade do sistema, resultando em uma boa experiência para o usuário.

Validou-se o checklist construído a partir do cálculo estatístico do alfa de Cronbach (Cronbach, 1951), este coeficiente constitui uma das principais ferramentas na validação de testes, calculando a confiabilidade do tipo consistência interna em uma escala (Cortina, 1993), descrito inicialmente por Lee J. Cronbach (Streiner, 2003), sendo que se considera aceitável questões com alfa de, pelo menos, 0,7. De modo geral, espera-se que o alfa se situe entre “0,80” e “0,90” (Nielsen & Molich, 1990), define a confiabilidade do questionário com base na correlação média entre as perguntas do questionário, calculado a partir da variância das respostas de cada pergunta do questionário e da variância da somas dos resultados obtidos. O teste estatístico do checklist foi gerado pelas respostas de três usuários que possuíam algum contato com a área da computação, interface de programação ou usabilidade. Após validação do *checklist* (alfa-Cronbach = 0,85), deu-se continuidade à avaliação com oito usuários simples especialista, por conhecerem os princípios de construção de software e usabilidade, o que garante 85% da avaliação de um aplicativo (Silva & Santos, 2014). Esses usuários representavam aqueles que poderiam também baixar o aplicativo pela *Play Store* (Google Play, 2020), no intuito de saber a situação de sua região com relação ao mosquito e as doenças, assim como que poderiam contribuir com a inserção de dados de focos e doenças, uma vez que o aplicativo tem como foco toda a comunidade e não apenas a comunidade de cientistas e especialistas em epidemiologia. De toda

forma, o aplicativo também foi testado, ao longo de sua construção, de forma menos sistematizada, com usuários da área de saúde e controle epidemiológico, visando adequar sua construção com a forma de se pensar e trabalhar a epidemiologia.

6 Resultados

Realizando um paralelo com o aplicativo proposto neste trabalho, os principais trabalhos encontrados na literatura baseiam-se principalmente no registro de denúncias de casos de doenças e focos, enquanto este trabalho oferece funcionalidades de denúncias, mas com o intuito de obter de forma mais fácil e clara realizar análise dos dados e observar os casos de doenças e focos no mapa.

7 Estrutura e funcionalidades do aplicativo

A estrutura do aplicativo objetiva ser direta, e intuitiva, ao utilizar as funcionalidades do aplicativo para realizar adição de um novo caso de doença ou foco ou visualizar os dados, além dos mapas de calor ou de marcadores específicos, filtros de busca e tempo. Com relação ao design, o objetivo era conter com o mínimo de botões possíveis para facilitar a experiência do usuário e não afetar o design do aplicativo, obtendo mais espaço para a visualização dos dados na área do mapa. Utilizaram-se funções/gestos que popularmente são utilizadas, retirando a necessidade de um botão no lugar, como é o caso da função de adicionar um marcador, em vez de se utilizar um botão para adicionar, segura-se o dedo sob a tela por 2 segundos e a tela de inserção é aberta. Esta função aparece em muitos outros aplicativos de mapas, dessa forma, traz-se o elemento cultural semiótico para o aplicativo, o que resulta na melhor experiência de uso. A movimentação entre regiões distintas seria desgastante para o usuário, com isso, incluiu-se uma barra de pesquisa que auxilia o usuário a localizar endereços específicos no mapa ou regiões. Para tanto, basta o usuário clicar e digitar elementos do local ou endereço passíveis de serem encontrados pelo Google Maps.

Detalha-se nas Figuras 1 e 2 os layouts das principais telas do aplicativo e suas principais funcionalidades. Na sequência apresentada na Figura 1, observa-se o menu expansível (Figura 1.A), o qual está disposto em 3 categorias: Estatística, onde contém funcionalidades para realizar estatísticas sobre os dados, Mapas que contém funcionalidades que influenciam diretamente no mapa criado, e informações sobre o aplicativo para fornecer uma melhor experiência para os usuários. Destaca-se na tela central na Figura 1 a caixa com as opções de marcadores após o usuário manter o dedo pressionado por 2 segundos em um local no mapa. A última tela (direita) apresenta o filtro rápido de seleção dos marcadores por

tempo, o que também vai de encontro com os elementos de aumentar a eficiência do uso a partir de períodos de tempo pré-determinados (ex. uma semana, um mês, etc.).

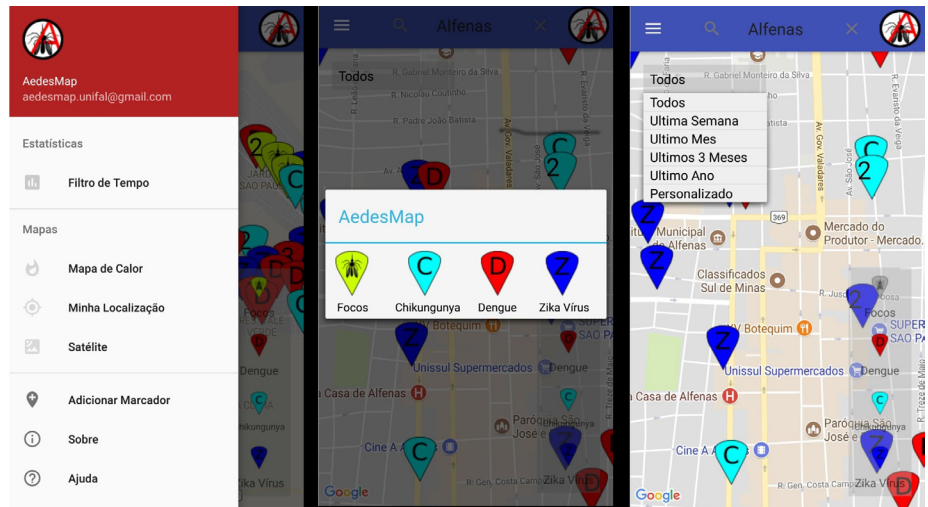


Figura 1 Telas das funcionalidades do aplicativo AedesMap.

Apresentam-se a seguir (Figura 2) três telas, representando algumas formas de visualização dos dados, iniciando com o mapa de calor, maior diferencial do aplicativo, seguido pelo mapa com marcadores e, por fim, com marcadores e fundo de imagem satélite. Destaca-se nas imagens com marcadores o balão com o número 21, o qual representa a posição de um agrupamento de 21 marcadores do “Chikungunya”. Destaca-se que, ao tocar com o dedo nas legendas dos marcadores, pode-se incluir ou excluir os tipos de marcadores de sua visualização no mapa, sendo possível, no caso do mapa de calor, agrupar somente os marcadores de doenças, uma vez que o marcador mosquito tem seria de outra classe de organização de dados.

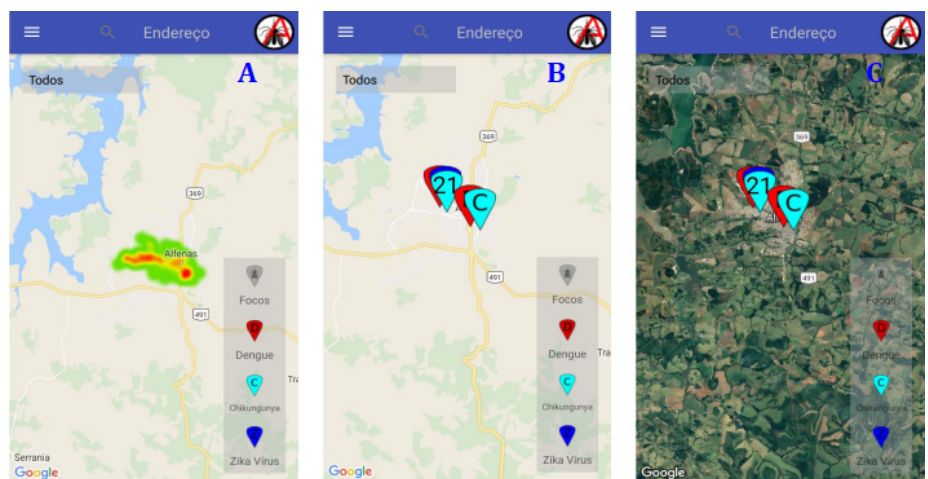


Figura 2 Telas dos mapas do aplicativo AedesMap.

7.1 Inserção de pontos

A funcionalidade de inserção dos pontos é realizada segurando o dedo sob a tela por 2 segundos. Após abrir a tela de inserção é necessário definir qual o tipo do caso de é Dengue, Zika, Chikungunya ou Foco, os casos são diferenciados pelo marcador visualização dos dados (Figura 1.B). Em seguinte, é necessária a inclusão de alguns dados para validar a informação adicionada, como nome, entre outras. Com isso, um marcador é adicionado no mapa, com as informações passadas pelo usuário.

7.2 Filtros de tempo

Possibilita-se uma análise detalhada sobre os dados dispostos no mapa a partir funcionalidade de filtro de tempo, viabilizando a compreensão temporal dos registros. As informações disponíveis na tela poderão ser filtradas a partir da ferramenta de “Filtro de tempo” no menu expansível, a partir da qual se abrirá a janela para inserção do período inicial e final ou pelo filtro rápido de tempo, o qual está contido no próprio mapa, na forma de um *combo-box* com períodos de tempo pré-determinados (última semana, último mês, últimos 3 meses, último ano e personalizado).

7.3 Mapa de calor

O destaque deste aplicativo reside nas análises dos dados que geram os mapas de calor, a partir dos quais podem-se inferir a dispersão do mosquito e das doenças (isoladamente ou as doenças em conjunto), assim como analisar localidades mais afetadas pelo mosquito. Destacam-se diversos benefícios que os mapas de calor gerados podem trazer para a sociedade, tais como direcionar pontos de combate ao mosquito, localidades de maior atenção e analisar padrões da dispersão dos casos de doença que o mosquito transmite.

O mapa de calor pode ser gerado a partir do menu, sendo que, quanto mais o usuário se afasta dos pontos (zoom out), melhor será o agrupamento dos dados para geração do mapa. Basicamente, a região onde possuem mais pontos fica mais avermelhada, e onde existem poucas ocorrências fica esverdeado, criando um gradiente de cores que possibilita a compressão da dispersão para uso no controle epidemiológico. Além disso, clicando nos marcadores da legenda inferior esquerda, pode-se selecionar o tipo de dados que se deseja visualizar, sendo que, quanto mais você se afasta dos pontos, haverá um agrupamento dos dados, por tipo, para facilitar a visualização (Figura 2.A).

7.4 Navegação pelo mapa

Destaca-se que o mapa de fundo poderá ser alterado da visão das ruas – *roadmap* - para imagem de satélite obtida pelo *Google Earth – satellite* - a partir do menu expansível, o que dará novas informações visuais sobre o local, possibilitando uma análise contextualizada dos tipos em seu ambiente. A movimentação entre regiões distintas ou então sobre uma determinada localização seria desgastante para o usuário, com isso se incluiu uma barra de pesquisa que auxilia o usuário a localizar endereços específicos no mapa ou regiões.

8 Avaliação da usabilidade

Para avaliar a usabilidade do sistema, após uso do sistema pelos avaliadores, analisaram-se os dados obtidos pela ferramenta *TestFairy* e questionário checklist, os quais são apresentados a seguir.

8.1 Checklist

Realizou-se o percurso cognitivo, seguido da avaliação pelo *checklist* (APÊNDICE B), com oito usuários simples especialistas, sendo que os resultados estão apresentados como gráfico de Boxplot – diagrama de caixas e bigodes (Figura 3), no qual estão indicados os valores de mediana, quartis superiores e inferiores (caixas), além dos limites inferiores e superiores (bigodes).

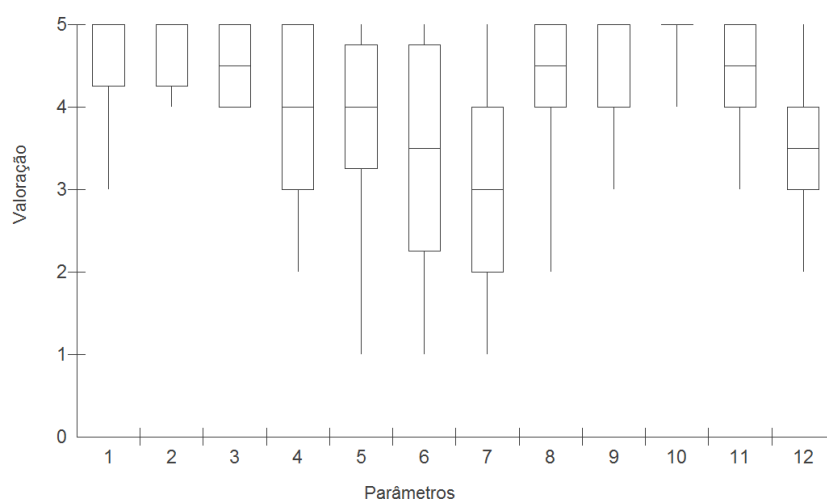


Figura 3 Boxplot (medianas) do grau de concordância dos usuários (Questão x Nota).

Com isso, percebeu-se que os usuários obtiveram um alto grau de concordância com os itens apresentados no checklist,

possibilitando-se inferir que o mesmo está apto para uso pelos usuários decorrente dos parâmetros avaliados.

8.2 Desempenho

Avaliou-se o desempenho do aplicativo em relação do uso de memória e dados de internet a partir dos gráficos gerados na plataforma do *TestFairy* durante 264 seções de uso, por 15 usuários com conhecimento básico sobre o controle epidemiológico e conhecimento intermediário sobre dispositivos móveis, executando as funcionalidades do aplicativo, totalizando 158 horas na soma de uso nas seções, sendo que se registraram 9 modelos de dispositivos móveis diferentes. Apresenta-se na Figura 4 os desempenhos de gerados durante uma seção que representa, de modo geral, o desempenho nos demais aparelhos testados.

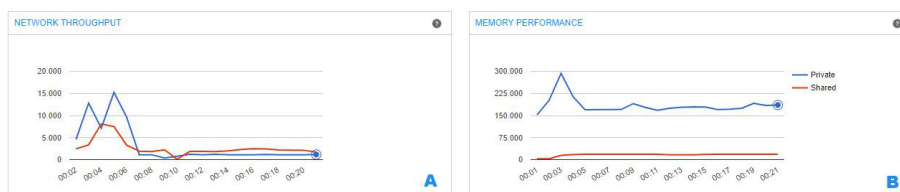


Figura 4 Gráficos de desempenho de uso de dados e memória do aplicativo em execução (tempo x bytes).

Verifica-se que o aplicativo utiliza, somente em seu início, um valor razoável de uso de dados de internet (decorrente da consulta dos marcadores preexistente para a localização atual) e após sua inicialização os valores permanecem constantes (Figura 4.A).

Observa-se um comportamento semelhante com uso de memória pelos dispositivos móveis, com média de consumo médio de todas as seções foi de 0,152 MB e a média dos valores máximos 0,283 MB, o que pode ser observado em um exemplo de seção típica (Figura 4.B), na qual foram realizadas todas as ações indicadas durante a avaliação (APÊNDICE A).

9 Discussões

A sinergia entre a área da computação e da saúde potencializa o desenvolvimento de novas tecnologias para resolução de problemas e aprimora o conhecimento dos profissionais, facilitando seus trabalhos e minimizando os erros. Esse é o caso do *AedesMap*, uma ferramenta que visa criar facilidade na obtenção, gestão e análise de dados relacionados ao controle epidemiológico de doenças específicas.

Para estimular a utilização dessas tecnologias é necessário que estas tenham alta usabilidade, resultando na utilização intuitiva

e prazerosa, assim como que as ferramentas disponibilizadas na aplicação auxiliem, de fato, na resolução de problemas importantes e significativo aos usuários, caso contrário, o mesmo acaba por ser desinstalado rapidamente ou mesmo ficar sem uso. Os mapas de calor permitem uma análise mais rápida e intuitiva da distribuição dos casos de doenças para usuários comuns e também tem o potencial de coleta de dados, possibilitando à profissionais, uma análise classificatória de informações extraídas do sistema. Os filtros de tempo e de doenças flexibilizam as análises dos dados, segmentando as informações e disponibilizando visualmente em relatórios que permitem suporte a decisões estratégicas de combate ao mosquito *Aedes aegypti* e suas enfermidades.

Nesse sentido, o primeiro passo para desenvolvimento deste aplicativo envolveu os conhecimentos dos aplicativos pré-existentes na *Play Store* que tinham uma alta nota gerada pelos usuários, com mesmo escopo do *AedesMap*. Nesse sentido, conforme são indicados nos resultados sobre a estrutura, layout e funcionalidades do *AedesMap*, conseguiu-se desenvolver um aplicativo que contivesse as principais ferramentas de registro e gestão dos dados, ressaltando o diferencial da geração dos mapas de calor em tempo real que não se encontraram em outros aplicativos. Assim, tem-se no aplicativo uma proposta que visa conectar a comunidade com os serviços de saúde no que diz respeito ao combate à Dengue, destacando o papel fundamental dos cidadãos nesse processo de registro das informações, tendo em vista o tamanho de nosso território para o controle e prevenção.

Os testes de usabilidade viabilizaram a melhoria do sistema, fazendo com que, ao fim do processo de desenvolvimento, obtivesse notas muito boas ou boas nos 12 parâmetros avaliados (APÊNDICE B), os quais se fundamentam nas dez heurísticas de Nielsen¹³, sendo que focou-se na flexibilidade e eficiência de uso (questões 1, 2, 6 e 10), estética e design minimalista (3, 4, 8 e 11), consistência e padrões (questões 5 e 12), reconhecer em vez de lembrar (questão 7) e prevenção de erro (questão 9).

Com relação à eficiência e flexibilidade de uso do aplicativo, constatou-se uma ótima adaptação da tela nos diferentes dispositivos, com uma ótima percepção do usuário com relação ao tempo de abertura do aplicativo, assim como na geração dos mapas de calor, o que corrobora com os dados do *Testfairly*. O uso da barra de pesquisa teve uma nota boa, decorrente da não compreensão completa sobre o que ela poderia buscar, o que fora resolvido com a alteração do texto do fundo da caixa de pesquisa. O destaque neste critério de avaliação se deu pela ótima nota na realização das tarefas em até cinco cliques, o que é extremamente importante quando se pensa no uso do *AedesMap* no contexto real, durante uma caminhada ou durante as visitas dos agentes de saúde nos locais. Em estética e design minimalista focou-se nas ferramentas diretamente relacionadas com o uso do aplicativo, no sentido de selecionar as doenças, gerar novos pontos, filtrar dados, que garantirão que o usuário comum, não especialista

em tecnologias, consiga utilizar o sistema, desta forma, ampliou-se o potencial de seu uso para o controle epidemiológico. Nas demais heurísticas, buscaram-se dados para corroborar com as anteriores e garantir a aplicabilidade do sistema no contexto ao qual ele se destina, ou seja, um sistema que possa, de fato, auxiliar a população e os órgãos públicos na saúde pública, sendo que os resultados desses testes também foram satisfatórios.

De acordo com Nielsen¹³, aplicativos que demoram muito para inicializar (do ponto de vista do hardware) ou para realizar as ações (interface), acabam gerando uma taxa de retorno muito baixa ao aplicativo, baseado neste princípio, utilizou-se a ferramenta *TestFairy* para se verificar o desempenho do aplicativo em execução, após a realização dos testes se observou que o aplicativo possui um consumo de memória razoável (0,283 MB) em sua inicialização, caracterizando em uma inicialização rápida da parte principal do aplicativo, ou seja, o carregamento do mapa e dos marcadores, após isso, se mantém na média de consumo de 0,152 MB. Esses dados são importantes no contexto brasileiro, no qual uma grande porcentagem dos usuários apresenta dispositivos com memória RAM limitada.

O contexto dos dados do checklist e *Testfairy* possibilitaram a criação de uma interface adaptada para maior eficiência de uso, com o menor número de cliques possível, o que potencializa as funcionalidades do aplicativo no contexto que a própria população ou mesmo agentes de saúde farão uso deste para o monitoramento colaborativo das doenças e do mosquito. Destaca-se, ainda, as reduções de custos na obtenção destas informações, com a população trabalhando em conjunto com os profissionais da saúde, conseguiu-se obter, com eficiência, informações que auxiliam no sistema de vigilância em saúde.

Com este sistema desenvolvido será possível realizar aprimoramentos pontuais em novas versões do aplicativo, além de desenvolver uma versão Web do sistema para melhor visualização dos dados, com possibilidades para inclusão de novas doenças que poderiam ter seu controle e prevenção potencializados com a colaboração da comunidade.

10 Contribuições dos autores

Os autores trabalharam em conjunto na obtenção dos dados e na estruturação do artigo, sendo que o primeiro autor teve papel fundamental na escrita e o segundo e terceiro autor na discussão e revisão detalhada do artigo.

11 Agradecimentos

À Unifal-MG pelo auxílio financeiro no decorrer das atividades.

Referências

- Android Studio (2020). Sítio do Android Studio. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio>>. Acesso em 08 de mar de 2020.
- Araújo, J.R., Ferreira E.F., & Abreu M.H.N.G. (2008). Revisão sistemática sobre estudos de espacialização da Dengue no Brasil. *Rev Saúde Pública*; 11(4): 696-708.
- Barcellos, C. & Bastos, F.I. (1996). Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? *Cad. Saúde Pública*. 12(3):389-397.
- Barcellos, C., Ramalho, W.M., Gracie, R., Magalhães, M.A.F.M., Fontes, M.P., & Skaba, D. (2008). Georreferenciamento de dados de saúde na escala submunicipal: algumas experiências no Brasil. *Epidemiol Serv Saúde*. 17(1):59-70.
- Blog tecnoblog (2016). 95,5% dos smartphones vendidos no Brasil são Androids Disponível em: <<https://tecnoblog.net/203749/android-ios-market-share-brasil-3t-2016>>. Acesso em 08 mar 2020.
- Braga, I.A., & Valle, D. (2007). *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. *Epidemiol Serv Saúde*16(4):295-302.
- Braga, I.A., & Valle, D. (2007). *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. *Epidemiol Serv Saúde*. 16(2):113-118.
- Braz, R.M., Andreozzi, V.L. & Kale, P.L. (2006). Detecção precoce de epidemias de malária no Brasil: uma proposta de automação. *Epidemiol Serv Saúde*. 15(2):21-33.
- Budiu, R. (2017). You Are Not the User: The False-Consensus Effect. [acesso em 03 de mar de 2020]. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/false-consensus>>. Acesso em 08 mar 2020.
- Cortina, J.M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of Applied Psychology*. v. 78, p. 98-104.
- Cronbach, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of test. *Psychometrika*.
- Desenvolvimento ágil. (2020) Scrum. Disponível em: <<http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum>>. Acesso em 08 mar 2020.
- Glasser, C.M., & Gomes, A.C. (2002). Clima e sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do Estado de São Paulo. *Rev Saúde Pública*. 36(2):166-72.
- Google maps. (2020a) Sítio da Plataforma Google Maps. Disponível em: <<https://cloud.google.com/maps-platform>>. Acesso em 08 de mar de 2020.
- Google maps. (2020b) Documentação dos mapas de calor no Google Maps. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/reference/visualization>>. Acesso em 08 de mar de 2020.
- Google play. (2020) Sítio da Plataforma Google Play. Disponível em: < <https://play.google.com/>>. Acesso em 09 de mar de 2020.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 9241-11:2018 - Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. Disponível: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>>. Acesso em 08 mar 2020.

- Klippel, A., Richter, K., Barkowsky, T., & Freksa, C. (2005). The cognitive reality of schematic maps. In Meng et al. (Eds.) *Map-based mobile services – theories, methods and implementations*. Berlin: Springer. p. 57-74.
- Likert, R. (1932). A technique for the measure of attitudes. *Archives of Psychology*, 140: 52. Em: SAX, G. (1989). *Principles of educational and psychological measurement and evaluation*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company, p. 491.
- Lucas, A. (2017). 5 bilhões de pessoas têm smartphones. *Revista Exame*. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/5-bilhoes-de-pessoas-tem-smartphones>>. Acesso em 08 mar 2020.
- Marciel, I.J., Júnior, J.B.S., & Martelli, C.M.T. (2008) maio-jun. *Epidemiologia e desafios no controle da Dengue*. Universidade Federal de Goiás. 37(2):111-130.
- Miguel, G.A, Benedetti, A.G, Hornink, G.G., & Bressan, P.A. (2017). *AedesMap*. Alfenas. Universidade Federal de Alfenas.
- Mijksenaar, P. (1999). Maps as public graphics: about science and craft, curiosity and passion. In *Visual information for everyday use: design and research perspectives*. London: Taylor & Francis. p. 211-224.
- MySQL. (2020). Informações sobre o MySQL. Disponível em: <<https://www.mysql.com/about>>. Acesso em 08 de mar de 2020.
- Nam, V.S., Yen, N.T., Duc, H.M., Tu, T.C., Thang, V.T., & Le, N.H; et al. (2012). Community-based control of *Aedes aegypti* by using Mesocyclops in southern Vietnam. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*;86(5):850-859.
- Nielsen, J, & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*; Seattle, EUA: ACM CHI`90. p. 248-256.
- Nielsen, J., & Budiu, R. (2014). *Usabilidade móvel*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Nielsen, J. (1994). How to conduct a heuristic evaluation. Nielsen Norman Group website. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation>>. Acesso em 08 mar 2020.
- Silva, M.M., & Santos, M.T.P. (2014). Os paradigmas de desenvolvimento de aplicativos para aparelhos celulares. *T.I.S. São Carlos.*;3(2):162-170.
- Streiner, D.L. (2003). Being inconsistent about consistency: when coefficient alpha does and doesn't matter. *Journal of Personality Assessment*. v. 80, p. 217-222.
- Testairy Ltd. (2020). *Testfairy: mobile testing platform*. TESTFAIRY Ltd. Disponível em: <<http://www.testfairy.com>>. Acesso em 08 mar 2020.
- Valle, D. (2016) Sem bala mágica: cidadania e participação social no controle de *Aedes aegypti*. *Epidemiol Serv Saúde*. 25(3):629-632.
- Varela, V. (2016). Rastreamento endêmico da Dengue, Zika e Chikungunya via android e sistemas de informação geográfica (SIG). Brasília (DF): Universidade de Brasília.
- Waze. (2020) Website do Waze. Disponível em: <<https://www.waze.com>>. Acesso em 08 mar 2020.
- Wentzel, M. (2005). Como Cingapura venceu o mosquito *Aedes aegypti* – e por que é tão difícil outros países fazerem o mesmo. *Revista BBC*. Disponível

em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151207_cingapura_aedes_aegypti_mw_rb>. Acesso em 08 mar 2020.

12 Apêndices

12.1 Apêndice A. Instruções para o percurso cognitivo

1. Primeira ação: gere o Mapas de Calor para doença do tipo Chikungunya e, após gerar os mapas de calor para Chikungunya, selecione os casos ocorridos na Última semana.
2. Segunda ação: adicione um ponto de doença Zika em algum lugar do mapa dentro da cidade de Alfenas.
3. Terceira ação: filtre a busca da doença Dengue no período compreendido de Janeiro/2010 até Outubro/2015.
4. Quarta ação: filtre a busca das doenças Dengue, Zika e Chikungunya no Último Ano utilizando o filtro de Acesso Rápido.

12.2 Apêndice B. Checklist

Parâmetros construídos a partir das 10 heurísticas de Nielsen, com valoração de 1 a 5 para cada item, usando-se escala de concordância.

1. O sistema se adaptou a sua resolução de vídeo (Flexibilidade e Eficiência de Uso).
2. O tempo de espera pelo carregamento dos mapas é rápido (Flexibilidade e Eficiência de Uso).
3. A seleção da/s doença/s desejada é fácil (Estética e Design Minimalista).
4. O filtro superior de seleção de tempo com períodos pré-determinados facilita o processo de geração dos mapas (Estética e Design Minimalista).
5. Os itens interativos do menu expansível se diferenciam quando ativado ou desativado (Consistência e Padrões).
6. A barra superior de pesquisa é eficiente. (Flexibilidade e Eficiência de Uso)
7. A função de adicionar um novo marcador no mapa é intuitiva (Reconhecer ao Invés de Relembrar).
8. A tela de adicionar um novo caso de doença ou foco apresenta instruções de preenchimento sintéticas (Estética e Design Minimalista).
9. As informações solicitadas para adicionar um novo caso de doença ou foco são suficientes (Prevenção de Erro).
10. É possível realizar cada uma das tarefas solicitadas em até 5 cliques (Flexibilidade e Eficiência de Uso).
11. A distribuição das funcionalidades na tela do aplicativo é adequada (Estética e Design Minimalista).
12. O sistema é intuitivo (Consistência e Padrões).

Sobre os autores

Gustavo Alves Miguel

<gustavo_alves_miguel@hotmail.com>

Bacharel, Unifal-MG, Brasil

Paulo Alexandre Bressan

<paulo.bressan@unifal-mg.edu.br>

Doutor, ICEX/Unifal-MG, Brasil

Gabriel Gerber Hornink

<gabriel.hornink@unifal-mg.edu.br>

Doutor, ICB/Unifal-MG, Brasil

Artigo recebido em 08/02/2019,
aprovado em 13/03/2020.