

Ferramentas de captura e geração de mapas de calor para análise da interação com aplicativos móveis

Bruno Pinheiro

Faculdade de Engenharia de Computação
Universidade Federal do Pará
Tucuruí Pará Brasil
bbragap@gmail.com

Bruno Merlin

Faculdade de Engenharia de Computação
Universidade Federal do Pará
Tucuruí Pará Brasil
bruno.merlin@gmail.com

RESUMO

Estudos sobre ergonomia e design de aplicativos para dispositivos móveis precisam se apoiar em dados concretos para representar a interação dos indivíduos com os aplicativos. Neste contexto foram desenvolvidas ferramentas livres e de fácil utilização que permitem observar padrões de uso através da captura das interações com a tela. As informações coletadas são representadas na forma de mapas de calor. Neste projeto foram implementadas duas ferramentas: uma para captura das posições dos eixos x, y e o tipo do evento, obtidos através das interações na tela por meio do toque, em redes sociais no sistema operacional *Android*, com uma modificação da aplicação *Android Touch-Logger*, e uma para geração de mapas de calor com a biblioteca *Seaborn* do Python. As ferramentas desenvolvidas foram avaliadas através de um estudo de caso e possibilitam uma captura fácil e em larga escala, podendo funcionar como uma alternativa sem custos para identificação de padrões que posteriormente podem ser aplicados no desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis visando otimizar o design e a experiência do usuário.

CCS CONCEPTS

• H.2.1Design • Design and evaluation: End user programming; methods, formalisms and techniques; Tools

PALAVRAS CHAVE

Mapas de Calor, Dispositivos Móveis, Ergonomia

1 Introdução

Em 2019, o uso de dispositivos móveis se tornou algo imprescindível, como o visionário canadense McLuhan [1] afirmava: “os meios tecnológicos são uma extensão do corpo humano que ampliam as capacidades do homem”. Levantamentos em parceria entre as empresas “Hootsuite” e “We Are Social” [2] (Figura 1) comprovam que mais de 5 bilhões de pessoas utilizam algum tipo de dispositivo móvel no mundo atualmente, porção correspondente a 67% da população mundial. Desses 5 bilhões, aproximadamente 3,2 bilhões são usuários de redes sociais, número que teve um crescimento de 9% em relação ao ano

anterior. Estes usuários passam em média 6 horas e 42 minutos diários de uso. Além disso observa-se que a nossa forma de interagir com o mundo foi completamente alterada pelo uso da tecnologia. Hoje pessoas ao redor do mundo fazem uso de dispositivos móveis para facilitar suas tarefas diárias em diversos aspectos, como pagamento de contas, organização pessoal, entretenimento, compras on-line e estudo, para interagir com o mundo através dos dispositivos móveis.

Dentro deste cenário pode-se perceber que os números de dispositivos móveis requerem uma demanda de mesma proporção na produção de aplicativos, tanto em um aspecto quantitativo quanto qualitativo devido ao longo período de tempo diário dedicado ao uso de dispositivos móveis. Dito isso e levando em conta o fato de que o desenvolvimento de hardware ocorre em uma velocidade muito superior ao desenvolvimento de software [3], existe uma demanda para a comunidade de computação em buscar soluções para aperfeiçoar a criação de conteúdo para dispositivos móveis.

Portanto o presente estudo tem como objetivo detalhar o desenvolvimento de uma ferramenta para captura e interpretação de informações de interação geradas pelo usuário tem como objetivo contribuir com a melhoria no design e ergonomia de softwares para aplicativos móveis, baseia-se nos conhecimentos obtidos com os estudos nas áreas de Interação Humano-Computador, Experiência de Usuário e Interface de Usuários. O uso dessas ferramentas deve permitir auxiliar na busca por padrões comportamentais dos usuários desses dispositivos e com isso prover meios para melhorar a estrutura e organização das interfaces para aumentar a satisfação do público.



Figura 1: “Hootsuite” e “WeAre Social”, 2019

2. Referencial Teórico

2.1 Ergonomia

A ergonomia é um fator crucial para que haja satisfação de um usuário durante sua experiência com uma aplicação móvel. Isto pode ser percebido em conjunto com o aumento na intensidade de uso dos dispositivos durante nossa rotina. Um estudo realizado pela plataforma de pesquisa web “dscout” [4] em 2016, onde 94 usuários de *Android* foram analisados durante um período de 5 dias, 24 horas por dia, possibilitou a obtenção de dados a respeito da utilização dos aparelhos celulares. Os usuários interagiam em média por 2617 cliques entre “*Touches*”, “*Swipes*” e “*Scrolls*” com um tempo de uso médio diário de 2,42 horas. Por dia, cada usuário fez o uso do aparelho em média em 76 curtas sessões separadas de uso. A maioria dos principais aplicativos utilizados pertenciam ao grupo *Facebook*, como por exemplo “*Instagram*”, “*WhatsApp*” e o próprio “*Facebook*”.

Frequentemente, os dispositivos móveis são segurados com apenas uma das mãos. A mão serve para dois propósitos: segurar o dispositivo e operar a tela sensível ao toque com o polegar. A tendência atual de aumentar os tamanhos de tela torna difícil alcançar todas as partes da tela, especialmente a área superior, para usuários com tamanhos médios de mão. [5]

A forma como os smartphones são segurados durante o uso também é um fator de alteração na maneira de interação do usuário, pode ser levado em consideração na busca por padrões. Um trabalho apresenta uma pesquisa onde 1.333 usuários, que utilizavam seus dispositivos de maneira cotidiana, foram analisados [6] e demonstra que a maneira como o dispositivo é segurado afeta diretamente o alcance na tela através dos dedos. Para cada tipo de uso foram gerados gráficos de alcance aproximado, nos quais as cores indicam as áreas que um usuário pode alcançar com o dedo ou o polegar para interagir com a tela. Verde indica a área que um usuário pode alcançar facilmente; amarelo, uma área que requer alongamento; e vermelho, uma área que exige que os usuários mudem a maneira como o aparelho está sendo segurado. Os usuários alternavam a maneira como estavam manuseando o smartphone quando alteravam a tarefa que estava em execução.

Nos dados coletados pelo estudo 40% dos usuários utilizava o aparelho sem interagir com o dispositivo via tela. Para estes usuários as chamadas de voz ocupavam 22% dos usuários, enquanto 18,9% estavam envolvidas em atividades passivas, como

por exemplo ouvir áudios ou assistir vídeos. 49% dos usuários utilizavam apenas uma mão para interagir com o dispositivo (Figura 2), dessa parcela 67% fazia uso do polegar direito e 33% do polegar esquerdo na tela.

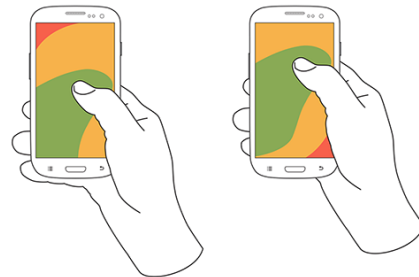


Figura 2: Dispositivo manuseado com apenas uma mão. “How Do Users Really Hold Mobile Devices?”, 2013. [”https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php#comments”](https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php#comments).

“*Cradling*”, “*Embalar*” em português, foi a nomenclatura escolhida para os 39% que utilizam o aparelho com uma mão adicional para apoiar dispositivo (Figura 3). 72% dos usuários adeptos do “*Cradling*” usavam como dedo principal para toque o polegar na tela e 28% o dedo indicador.

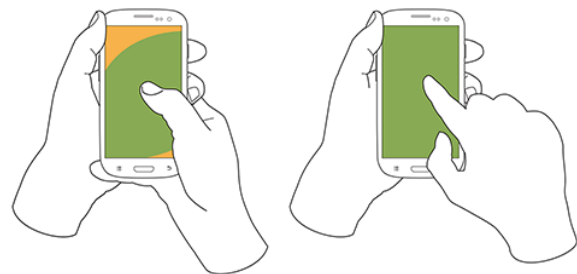


Figura 3: Dispositivo manuseado com o método “*Cradling*”, com uma mão adicional de apoio. “How Do Users Really Hold Mobile Devices?”, 2013. [”https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php#comments”](https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php#comments).

Apenas 15% dos usuários analisados no estudo faziam uso do dispositivo o segurando com as duas mãos (Figura 4), gesto usado predominantemente para digitação de texto. 90% dos usuários que seguravam o dispositivo com duas mãos faziam seu uso em modo horizontal, e apenas 10% em modo vertical.

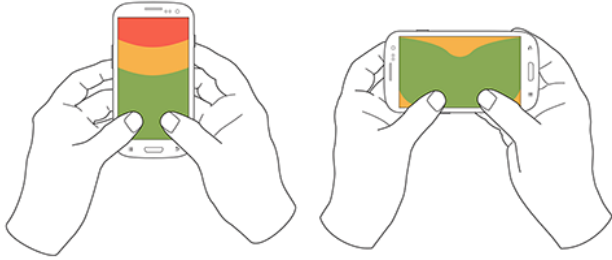


Figura 4: Segurando o dispositivo com duas mãos.
“How Do Users Really Hold Mobile Devices?”, 2013,
 ”<https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php#comments>”.

Além do tamanho das mãos e a forma como o dispositivo é segurado outros fatores podem influenciar a forma como um usuário interage com o dispositivo, como por exemplo a diferença de faixas etárias entre os usuários. Para usuários de idade avançada é perceptível que quando um smartphone com tela sensível ao toque é usado, estes usuários podem fazer uso de recursos especiais de interface, como maneiras para aumentar a capacidade de reconhecer alvos de toque. Muitos usuários idosos podem preferir definir as fontes e os ícones para um tamanho maior. No entanto, isso pode aumentar o tempo que eles precisam para percorrer os menus, e seus polegares, quando operado com uma mão, precisam passar por uma área maior para alcançar os alvos maiores. Ao fazer isso, a probabilidade de erros de entrada e queda do telefone pode aumentar, intensificando assim o esforço físico e mental necessário para usar o smartphone com tela sensível ao toque. Além disso, a partir de uma perspectiva cinematográfica, as dificuldades para usuários idosos em operar um smartphone *touchscreen* parecem ser severas [5].

Enquanto o dispositivo é segurado com um aperto firme, o polegar deve selecionar objetos na tela de toque. Isso é exclusivo para a interação com as telas de toque de celulares e resulta em uma sobrecarga física. No entanto, com tamanhos de tela maiores, os usuários com tamanhos médios de mão não conseguem acessar confortavelmente todas as partes da tela, a menos que mudem a forma como seguram o aparelho. No entanto, o movimento para segurar o dispositivo é conhecido por ter um efeito significativo sobre o desempenho do usuário [7]. Por esse motivo, saber qual mão opera o dispositivo e o número de mãos envolvidas na interação é crucial no desenvolvimento do design dos aplicativos.

Um estudo descobriu que o pequeno tamanho do botão de toque, o espaçamento ruim entre os botões de toque e a localização inconveniente de alvos nos smartphones *touchscreen* reduziram significativamente o desempenho da precisão do toque para usuários idosos [8].

Outro estudo também mostrou que indivíduos de meia-idade (40-65 anos) exibiam velocidade de entrada significativamente mais lenta do que os jovens (20-32 anos) quando usavam um dispositivo touchpad [9]. Mais significativamente, foi descoberto que tocar em pequenos botões de um smartphone *touchscreen*

tende a aumentar o esforço muscular do primeiro interosseo dorsal (FDI) em jovens participantes [10], o que foi considerado como a principal razão para a redução do desempenho do polegar de entrada em uma tela sensível ao toque [9]. Estes dados demonstram a considerável disparidade de uso dos dispositivos entre diferentes faixas etárias. Estas diferenças além de outros fatores podem ser analisadas através do uso de mapas de calor.

2.2 Mapas de Calor

Segundo Leland Wilkinson e Michael Friendly [11] O mapa de calor é uma forma de exibição que revela simultaneamente a estrutura de cluster hierárquica de linha e coluna em uma matriz de dados, que consiste em um ladrilho retangular, com cada ladrilho sombreado em uma escala de cores para representar o valor do elemento correspondente da matriz de dados.

As primeiras publicações onde mapas de calor se fazem presentes datam do final do século XIX, como por exemplo em um estudo de 1899 [12] que procurou reorganizar as linhas e colunas de uma matriz retangular de medições sobre artefatos antropológicos para que os maiores valores estivessem perto da diagonal principal.

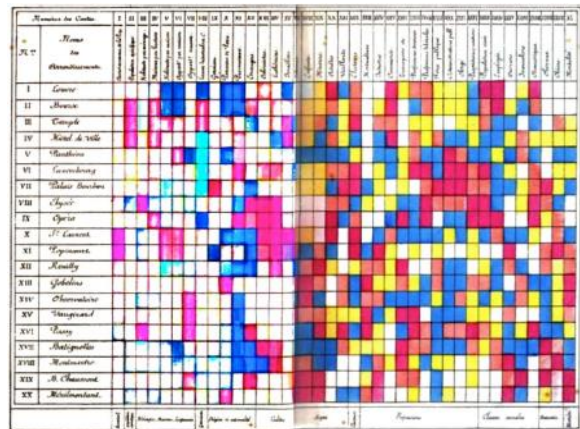


Figura 5: Exemplo de Mapa de Calor de 1873 por Loua demonstrando variação de características socioeconômicas.

Para visualização de informações, o mapa de calor é a representação gráfica mais popular para compactar grandes quantidades de informação em um pequeno espaço para trazer padrões compreensíveis [13].

A partir da análise de mapas de calor relacionados ao uso de aparelhos móveis é possível perceber padrões nas interações do usuário com os dispositivos com o intuito de fornecer à comunidade meios para aprimorar a experiência do público com a interface dos aparelhos, identificando áreas de maior e menor interação, posicionamento dos dedos, tipos de gestos utilizados no uso, para posteriormente desenvolver layouts de novos produtos proveniente das observações feitas.

Os mapas de calor gerados a partir da captura dos toques são uma ferramenta bem estabelecida no campo de IHC que agrega

eventos em uma apresentação colorida, onde as áreas que têm mais incidência de uso são apresentadas em cores quentes, enquanto áreas menos usadas são mostradas em cores mais frias, tem como uma de suas principais vantagens a facilidade de percepção e entendimento pelos usuários [15].

Através de estudos [14] é compreendido que em microcomputadores existe uma correlação de 84% - 88% entre o movimento do olho e do mouse, dito isso é possível aplicar o uso de mapas de calor para analisar o comportamento relacionado à atenção visual de usuários em aplicações para dispositivos móveis a partir da captura das posições de seus cliques na tela do aparelho.

É possível serem usados para otimizar o conteúdo em tela, para identificar o comportamento do usuário a partir dos seus gestos, como toques, rolagem de tela, ampliação e redução de imagens, tornando possível assim a reorganização dos elementos da tela do aplicativo ou sistema operacional, como a posição de botões e imagens, diferenças de padrões entre destros e canhotos, usuários de faixas etárias e níveis de instrução diferentes, para gerar uma melhora na experiência do usuário com a usabilidade de aplicações para aprimorar o design, ergonomia [16].

Além das aplicações supracitadas, mapas de calor gerados a partir dos gestos de usuários durante o uso de dispositivos móveis são valiosos para compreender conexões entre o desempenho da articulação objetiva (como por exemplo o tamanho, a velocidade de execução, o caminho e o comprimento de um gesto) e as percepções subjetivas das pessoas sobre os gestos, é possível também demonstrar a causa de erros de reconhecimento do aparelho e por que alguns gestos são percebidos mais fáceis de executar do que outros. [17].

Os mapas se apresentam como uma útil ferramenta para desenvolvedores de aplicações móveis para aprimorar suas produções.

2.3 Ferramentas Similares

Percebe-se que maior parte das ferramentas disponíveis para geração de mapas de calor para traçar a interação do usuário com a interface tem o foco em dispositivos não móveis que utilizam mouse.

Como exemplo de ferramentas similares as fornecidas neste estudo, existe disponível no mercado a ferramenta “*appsee*”[20], que faz a geração dos mapas de calor baseados na interação dos usuários, além de outras funcionalidades relacionadas ao uso do dispositivo, mas para que isso ocorra é necessário a implementação de um kit de desenvolvimento de software da ferramenta e uma linha de código dentro da aplicação que se deseja efetuar captura, para reduzir a possibilidade de análise apenas a uma aplicação onde exista acesso ao código fonte. Outro fator é que a ferramenta não está disponível de forma gratuita.

“*UXCam*” [21], e “*UserExperior*” [22] são outros exemplos de ferramentas que estão disponíveis para o mesmo propósito. Elas são disponibilizadas gratuitamente apenas para teste, e possuem em comum com a aplicação supracitada a limitação de poder

analisar apenas quando existe acesso ao código fonte das aplicações de interesse, tendo em vista a necessidade de inserção de linha de código para habilitar a captura. Apesar de existirem ferramentas que possibilitam a captura e geração de mapas de calor, essas ferramentas não preenchem todas as possibilidades. Algumas lacunas possíveis de apontar são: (i) a impossibilidade de capturar gestos de interação em múltiplas aplicações ou caso a aplicação não seja executada em primeiro plano; (ii) A necessidade de compilar a aplicação alvo da captura; (iii) a ausência de uma ferramenta gratuita para realizar a captura; (iv) a impossibilidade de gerar diferentes mapas de calor de forma simples e personalizada para discriminar as interações com diferentes tipos de gestos. Dito isto, este trabalho se propõe a fornecer ferramentas para preencher estas lacunas.

3 Metodologia e Desenvolvimento

Para cumprir com o objetivo deste trabalho foram desenvolvidas duas ferramentas, uma para captura das posições referentes as interações com a tela do dispositivo móvel, criada através da modificação da aplicação Android-TouchLogger, e outra para geração de mapas de calor baseados nas posições obtidas. Um estudo de caso foi realizado para demonstrar o funcionamento das ferramentas. A metodologia deste trabalho é estruturada da seguinte forma:

1. Desenvolvimento das ferramentas
 - i. Possibilitar a captura dos eventos de toque.
 - ii. Fornecer uma ferramenta desktop que permita analisar de forma simples o resultado da captura.
2. Criar um cenário de avaliação da ferramenta de interação de usuários.

3.1 Captura das posições

Foi alterada uma versão da aplicação Android-TouchLogger (Figura 6), desenvolvida pelo engenheiro de software Sebastian Gerstenberg e publicada de forma livre na plataforma de hospedagem de código-fonte com controle de versão *GitHub* [18], habilita-se a captura das interações pelo TouchScreen, transpondo a medida de segurança implementada no Android 4.1 que impede que os aplicativos efetuem captura de eventos de toque quando não estão em primeiro plano.

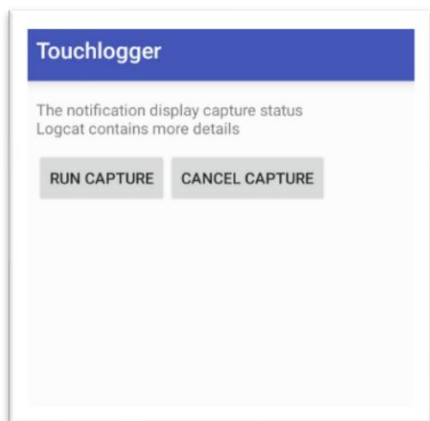


Figura 6: Android Touch-Logger Modificado

Para possibilitar a captura, essa aplicação executa seu próprio cliente ADB (Android Debug Bridge)(Figura 7), uma ferramenta de linha de comando que permite a comunicação com uma instância de emulador ou com um dispositivo Android conectado e facilita ações junto ao dispositivo, como instalar e depurar aplicativos, e fornece acesso a um *shell Unix* que pode ser usado para executar comandos em um emulador ou dispositivo conectado. O cliente ADB deve ser executado na interface para executar o comando `getevent`, permitindo a captura de todas as interações, independentemente do conteúdo real da tela.

O dispositivo deve ser preparado através da ativação do modo desenvolvedor e da depuração por USB. Após a instalação do programa no dispositivo através do Android Studio, deve-se executar o comando `adb tcpip 6000` para ativação da depuração da rede. Embora a depuração de rede represente um risco de segurança, é atenuado pelo uso recente de criptografia RSA no protocolo ADB. Portanto, ao iniciar a captura pela primeira vez, o usuário precisa aceitar a chave pública do aplicativo reiniciando o processo de captura e ter o dispositivo móvel e o computador que executa o adb conectados na mesma rede wireless. Posteriormente executa-se comando `adb connect xxx.xxx.xxx.xxx:6000` onde x é o número de IP referente ao aparelho do usuário. Enquanto o usuário estiver conectado em uma rede wireless, a captura dos dados estará acontecendo. Esta particularidade dificulta o processo de captura de informações restringindo a mobilidade do usuário ao alcance de redes wireless enquanto o processo de captura é feito.

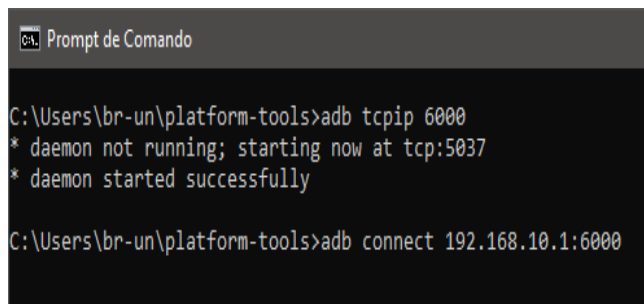


Figura 7: Inserção de comandos através da plataforma ADB

Para atingir o objetivo deste trabalho, usando o *AndroidStudio*, ambiente de desenvolvimento integrado para plataforma Android, foi alterada a classe *CaptureThread* do *Android-TouchLogger*, implementando o método *OnGestureDetected()* para tratar os dados capturados, separando-os por “;” em pares de coordenadas x e y e os inserindo em um arquivo do tipo .TXT, além do tipo de gesto, e o horário da captura em milissegundos do momento do toque (Figura 8), que é incrementado a cada interação com a tela e salvo na memória interna do aparelho móvel.

Por medida de segurança o programa não captura os toques na tela do usuário nos momentos onde o teclado está ativado ou quando a tela solicita senha para desbloqueio, impedindo assim que, por meio das posições, seja possível interpretar o que está digitado pelo usuário, como conversas pessoais ou senhas.

Na captura dos dados pode-se variar o número de usuários analisados, a faixa etária, o nível de escolaridade, o tempo em que a captura será feita ou a quantidade de dados colhidos por usuário, quais aplicações serão analisadas durante a coleta, tendo em vista a flexibilidade em relação a não necessidade de uma aplicação estar em primeiro plano para estar ocorrendo a captura.

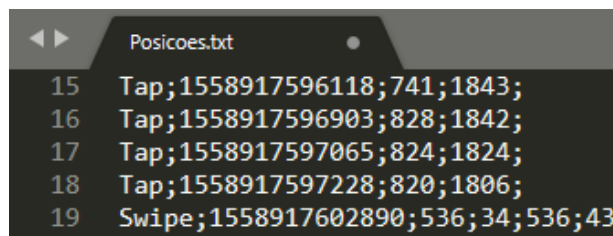


Figura 8: Posições Armazenadas no Dispositivo

3.2 Biblioteca Seaborn

Seaborn é uma biblioteca desenvolvida para gerar gráficos estatísticos em Python. É construído no topo da biblioteca *matplotlib*¹ e estreitamente integrado às estruturas de dados da biblioteca *pandas*². Através do Seaborn pode-se fazer uso de um

¹ O Matplotlib é uma biblioteca de plotagem 2D do Python que produz números de qualidade de publicação em uma variedade de formatos impressos e ambientes interativos entre plataformas.

² Pandas é uma biblioteca open source, licenciada pelo BSD, que fornece estruturas de dados de alto desempenho e fáceis de usar e ferramentas de análise de dados para a linguagem de programação Python.

conjunto de dados para examinar relacionamentos entre várias variáveis, e tem como objetivo tornar a visualização uma parte central da exploração e compreensão de dados. Suas funções de plotagem orientadas ao conjunto de dados operam em quadros de dados e matrizes contendo conjuntos de dados completos e executam internamente o mapeamento semântico e a agregação estatística necessários para produzir gráficos informativos.

3.3 Geração dos Mapas de Calor

Para a geração dos mapas de Calor foi desenvolvido um programa usando a linguagem Python, que recebe os dados do arquivo no formato .TXT gerado anteriormente pela captura dos dados. O aplicativo faz a leitura de cada par de coordenadas, e para cada par lido incrementa o valor correspondente a posição em uma matriz 2D com as dimensões do aparelho em que a captura foi feita, simulando a tela do aparelho (Figura 9). Ao final da leitura do arquivo um mapa de calor foi gerado, utilizando o método "heatmap()" da biblioteca "Seaborn" do Python, variando os pontos da matriz com maior valor, aos de menor valor, mostrando uma escala de cores indo do azul ao vermelho, onde os de menor valor se concentram nas cores azul e o de maior valor nas cores em vermelho.

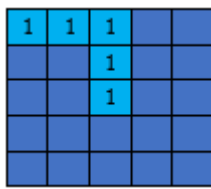


Figura 9: Exemplo de leitura e geração de mapa da seguinte sequência "1,1,1,2,1,3;2,3,3,3"

Para normalizar a apresentação dos dados no mapa de calor, simulando a área de contato de um dedo com a tela, foi utilizada a equação reduzida da circunferência em sistema de coordenadas cartesianas retangulares (Equação 1), que a partir do uso do teorema de Pitágoras cria camadas circulares de raio decrescente sobrepostas na matriz, criando um efeito de esmaecimento onde no valor lido se encontra a posição mais significativa, e a cada camada este valor é decrescido em direção as bordas da forma circular.

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$$

Equação 1: a e b: coordenadas / r: raio

Variando "x" de "a" menos "r" até "a" mais "r", e isolando "y", são obtidos:

$$y = b + \sqrt{r^2 - (x - a)^2}$$

Equação 2

$$y = b - \sqrt{r^2 - (x - a)^2}$$

Equação 3

Representação da geração da forma "circular" representa na Figura 10.



Figura 10: Exemplo de leitura e geração de mapa do ponto "3,3" após a normalização

Buscando a padronização das dimensões das matrizes de mapa de calor geradas, devido ao fato dos aparelhos usados na captura possuírem tamanhos diferentes, para cada um foi construída uma matriz com o tamanho de 145 linhas e 70 colunas, equivalente ao tamanho médio dos aparelhos em milímetros, onde os pontos capturados eram inseridos na matriz construída em uma posição proporcionalmente equivalente à da matriz anterior (Figura 11).

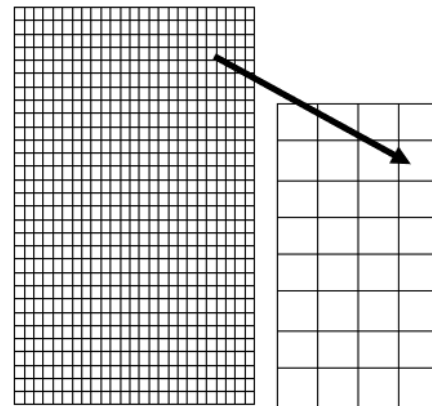


Figura 11: Exemplo de padronização das dimensões dos dispositivos

No Momento de geração dos mapas, o usuário da ferramenta tem a opção de escolher a geração do mapa de calor de forma total em relação aos dados captados, ou selecionando apenas um tipo de movimento, como "Swipes", "Taps" e "Scrolls", possibilitando uma análise mais precisa em relação aos gestos do usuário.

3.4 Cenário de Avaliação

Para demonstração do funcionamento da ferramenta, alunos graduandos da Universidade Federal do Pará (UFPA) do campus Tucuruí (Camtuc) se disponibilizaram voluntariamente para captura de dados. Não foi definido um período de captura dos

dados e sim uma quantidade estipulada de dados obtidos, eliminando assim a possibilidade que um usuário cobaia use mais o aparelho do que outro durante um tempo pré-estabelecido. Foi definido o valor de 1 Mb de dados capturados para os usuários cobaias para que os resultados possuísem o mesmo volume de informações capturadas independente dos tempo de captura.

Durante a captura dos dados, os usuários cobaias tiveram a orientação de utilizar o aparelho da forma mais cotidiana possível, para que seus hábitos de uso não fossem alterados.

Para realização de um experimento com as ferramentas apresentadas é preciso seguir os seguintes passos:

1. Efetuar o Download da ferramenta Android-TouchLogger modificada pelo link: “<https://github.com/bbragap/Android-TouchLoggerModified>” e executa-la com o Android Studio instalando-a no dispositivo em que se deseja capturar
2. Efetuar o download da plataforma ADB pelo link: “<https://developer.android.com/studio/releases/platform-tools>”
 - i. Abrir o *prompt* de comando no endereço da pasta da ferramenta.
 - ii. Conectar o dispositivo móvel via USB, ativar o modo desenvolvedor e a depuração por USB.
 - iii. Executar os comandos “adb tcpip 6000” e “adb connect xxx.xxx.xxx.xxx:6000”, nesta ordem, onde “xxx” é o IP do dispositivo.
3. Clicar no botão “Run Capture” no Android-TouchLogger modificado instalado no dispositivo móvel.
4. Utilizar o aparelho durante a captura da forma que interesse ao realizador do estudo, por exemplo: quais aplicações, por qual período de tempo e por qual tipo de pessoa.
5. Efetuar o download da ferramenta de geração de mapas no link: “<https://github.com/bbragap/HeatMapGenerator>”, recuperar o arquivo .TXT com os dados da captura armazenado na memória interna do celular em “Adroid\Data\com.touchlogger\files” e colocá-lo junto a pasta do programa HeatMapGenerator
6. Executar o script do programa com o interpretador da linguagem Python, durante a execução do script definir: o nome do arquivo, dimensão horizontal e vertical do aparelho, o tipo de gesto (Tap, Swipe, Scroll ou All para todos tipos).

A saída do programa será o mapa de calor gerado a partir do arquivo com as posições capturadas.

3.5 Disponibilização das Ferramentas

As ferramentas foram disponibilizadas para uso de forma livre na plataforma GitHub:

Ferramenta para captura das posições:
<https://github.com/bbragap/Android-TouchLoggerModified>

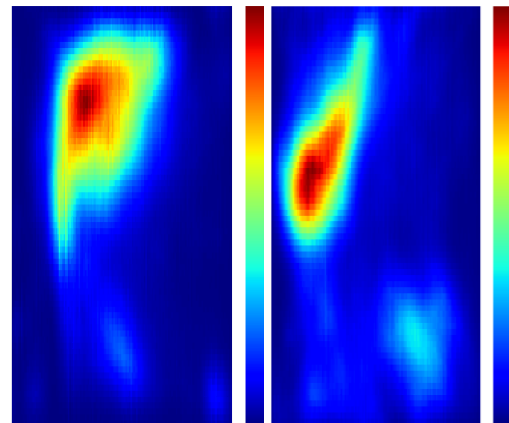
Ferramenta para geração dos mapas de calor:
<https://github.com/bbragap/HeatMapGenerator>

4 Resultados

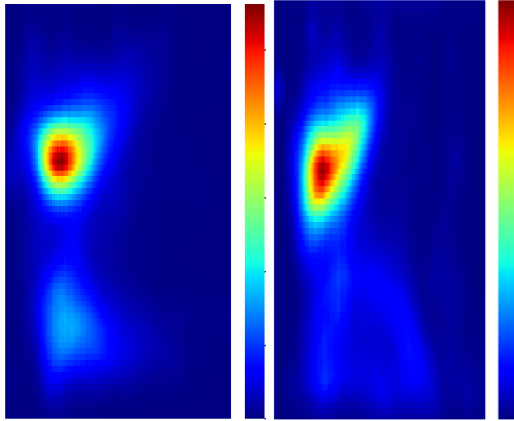
Para demonstrar o funcionamento das ferramentas por meio do estudo de caso supracitado, a captura dos dados ocorreu normalmente com os 6 participantes voluntários, as redes sociais mais utilizadas durante o período de captura foram: WhatsApp, Facebook, Instagram e Twitter. Cada usuário colheu em média um arquivo equivalente a 100.000 pares (x,y) e aproximadamente 7500 toques.

Nota-se que os usuários selecionados para o estudo não tiveram o hábito de permanecer durante um longo período de tempo contínuo no uso do dispositivo, e sim em seguidas curtas sessões de uso durante o dia. A captura ocorreu de forma confiável, tendo a possibilidade de execução em larga escala, e o uso das ferramentas se demonstrou de fácil utilização.

Após os dados capturados pelos usuários cobaia atingirem o valor de 1 MB os arquivos tipo .TXT foram coletados e os mapas de calor abaixo foram gerados (Figuras 12, 13, 14 e 15):



À esquerda Figura 12: Usuário Sexo F Destro. À direita Figura 13: Usuário Sexo F Destro

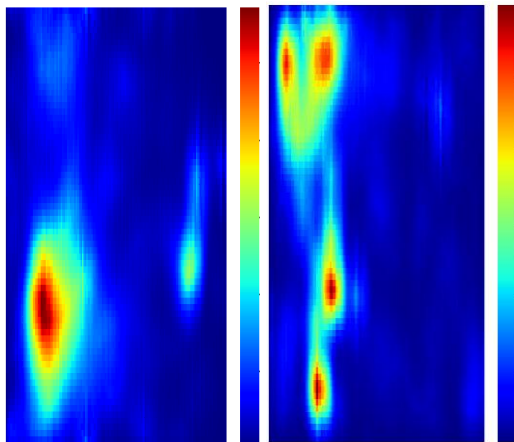


À esquerda Figura 14: Usuário Sexo M Destro. À direita Figura 15: Usuário Sexo M Destro

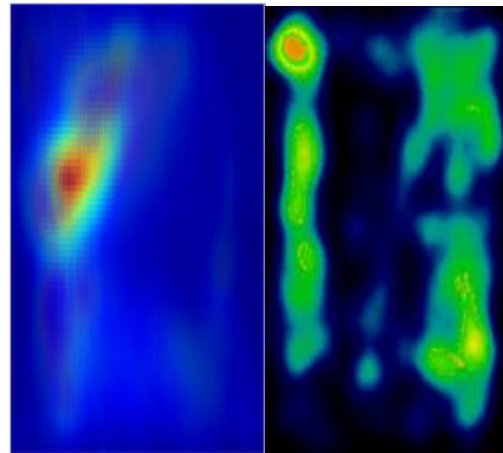
Através dos mapas pode-se perceber que existem zonas de convergência de toques, com disparidades entre usuários de sexo diferente, que podem ser posteriormente utilizadas para o desenvolvimento de análises acerca do comportamento do usuário.

No resultado obtido através da captura de usuários canhotos, nota-se que existem zonas de convergência de toques díspares das obtidas com usuários destros (Figuras 16 e 17).

Comparando com o estudo de 2012 por Florian Lettner e Clemens Holzmann (Figura 19) [14] com a sobreposição de todos os mapas gerados a partir da coleta dos dados neste artigo (Figura 18), é possível perceber similaridades nas zonas de convergência de toques, mesmo após seguidas atualizações de design das aplicações e do sistema operacional ao longo dos anos.



À esquerda Figura 16: Usuário Sexo M Canhoto. À direita Figura 17: Usuário Sexo F Canhoto



À esquerda Figura 18: Sobreposição dos Mapas. À direita Figura 19: LETTNER e HOLZMANN, 2012

5 Conclusão

Tendo em vista a importância da análise de ergonomia e a ampla utilização dos mapas de calor na produção do design de aplicativos percebe-se que a combinação das ferramentas fornece um auxílio na análise de diferentes padrões de uso, de forma simples e gratuita, sendo uma alternativa viável para pequenos grupos de desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis e *Startups*, além de possibilitar a captura de dados em grande escala, podendo ser utilizada na comparação de usuários em relação a hábitos, tamanho das mãos, mão dominante, diferenças socio-econômico-culturais, idade, nível de escolaridade, e em qualquer aplicação no sistema operacional Android, contribuindo no desenvolvimento de novas aplicações e aprimoramento das já existentes. Há possibilidade de expansão do trabalho com a unificação das ferramentas no desenvolvimento de uma aplicação que execute a captura e geração dos mapas de calor. Outro ponto para expansão do trabalho seria a aplicação em um estudo com amostragem considerável, pertencente a um público alvo específico para posteriormente serem analisados os mapas gerados e aplicados no desenvolvimento de uma aplicação personalizada para tal público.

REFERÊNCIAS

- [1] Cultrix (8ª). (1964). *Os meios de Comunicação como extensões do homem: Understanding Media*.
- [2] We are Social, Digital Around the world 2019, <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates>
- [3] Frederick P. Brooks, Jr (1986). No Silver Bullet.
- [4] Michael Winnick and Robert Zolna. (2016). Putting a Finger on Our Phone Obsession, Mobile touches: a study on how humans use technology), <https://blog.dscout.com/mobile-touches>.
- [5] Markus Löchtefeld, Phillip Schardt, Antonio Krüger, Sebastian Boring. (2015) Detecting Users Handedness for Ergonomic Adaptation of Mobile User Interfaces.
- [6] How Do Users Really Hold Mobile Devices? (2013). Steven Hooper. <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php#comments>.

- [7] Matthieu B.Trudeaua, Justin G.Younga, Devin L.Jindrichb, Jack T.Dennerleinac. (2012). Thumb motor performance varies with thumb and wrist posture during single-handed mobile phone use.
- [8] Hwangbo, H., Yoon, S. H., Jin, B. S., Han, Y. S., & Ji, Y. G. (2013). A study of pointing performance of elderly users on smartphones. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29, 604-618.
- [9] Armbruster C, Sutter C, Ziefle M (2007) Notebook input devices put to the age test: the usability of trackpoint and touchpad for middle-aged adults. *Ergonomics* 50:426–445
- [10] Jinghong Xiong e Satoshi Muraki. (2016). Thumb performance of elderly users on smartphone touchscreen.
- [11] Leland Wilkinson e Michael Friendly. (2009). The history of the Cluster Heat Map
- [12] Petrie, W. (1899), "Sequences in Prehistoric Remains," *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 29, 295–301.
- [13] Weinstein, John N. (2008). A Postgenomic Visual Icon.
- [14] Chen, M. C., Anderson, J. R. e Sohn, M. H. (2001). "What can a mouse cursor tell us more?: correlation of eye/mouse movements on web browsing."
- [15] Klaus Schaefers, David Ribeiro e Ana Correia de Barros. (2013). "Beyond Heat Maps – Mining Common Swipe Gestures".
- [16] Letner, F. e Holzmann, C. (2012). "Heat Maps as a Usability Tool for Multi-Touch Interaction in Mobile Applications".
- [17] Daniel Vatavu Radu, Lisa Anthony e Jacob O. Wobbrock. (2014). "Gesture Heatmaps: Understanding Gesture Performance with Colorful Visualizations"
- [18] Sebastian Gerstenberg. (2016). <https://github.com/gersseba/android-touchlogger/tree/master/app/src>
- [19] Steven Hooper. (2015). "Fingers, Thumbs, and People".
- [20] AppSee. "<https://www.appsee.com/>".
- [21] UxCam. "<https://uxcam.com/>".
- [22] UserExperior. "<https://www.userexperior.com/>".