

Metodologia baseada em agrupamento de rastreamento de *mouse* e olhar para melhoria da experiência do usuário

Igor Aviz¹, Kennedy Souza², Marcos Seruffo^{1,2}

¹Instituto de Tecnologia

²Programa de Pós Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia

Universidade Federal do Pará (UFPA) - Pará, Brasil

igorleonardodeaviz@gmail.com, kennedy.souza@castanhal.ufpa.br, seruffo@ufpa.br

Harold de Mello Jr.³, Karla Figueiredo⁴

³Departamento de Engenharia Elétrica

⁴Departamento de Informática e Ciência da Computação

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Rio de Janeiro, Brasil

harold.dias@gmail.com, karla.figueiredo@gmail.com

Abstract—Com a expansão de sistemas em plataforma web, tornou-se crítico o desenvolvimento de novas ferramentas e metodologias de avaliação da experiência do usuário (UX) para tornar tais sistemas mais intuitivos. Técnicas como rastreamento de *mouse* e rastreamento de olhos geram dados de interação que podem ser usados para melhorar o layout e a usabilidade destes sistemas. Além disso, recentemente a área de desenvolvimento de sistemas passou a adotar Interfaces de Usuários Adaptativas (IUA), visando aprimorar em tempo real a UX. Nesse contexto, este artigo propõe uma metodologia para capturar e analisar os dados de comportamento de um grupo de usuários e sugerir a adaptação de um sistema web. Nesta análise foi utilizado o método de clusterização k-means. Os resultados sugerem que a metodologia pode auxiliar em mudanças automatizadas para melhoria da UX.

Keywords—avaliação de experiência do usuário; rastreamento do *mouse*; rastreamento do olhar; interface de usuários adaptativas; agrupamento.

I. INTRODUÇÃO

A avaliação da experiência do usuário (UX) tem se tornado fundamental nos mais diversos sistemas com os quais pessoas interagem, seja *offline* ou *online*. Apesar de existirem diversas ferramentas para avaliar a UX, apenas um pequeno número, tais como a descrita em [1], leva em consideração a atenção do usuário. Deste modo, ferramentas capazes de coletar e processar dados de interações entre usuários e sistemas têm adquirido substancial importância para o sucesso não só de aplicações Web, como também produções audiovisuais, por exemplo.

Sistemas de avaliação e monitoramento são capazes de coletar dados para análises estatísticas que permitem traçar padrões de uso, tornando-os uma referência para desenvolvimento de sistemas, que vão desde recomendações de uso, passando por

mecanismos de ofertas de produtos, até, em nível de rede, previsão de consumo de dados. Assim, desenvolver soluções que também sejam capazes de mensurar a atenção do usuário, constitui um recurso adicional para identificação e avaliação do comportamento destes usuários, permitindo adaptações em tempo real e conseqüentemente melhoria de UX. Dentre as tecnologias utilizadas para o registro de dados de interação, o rastreamento ocular se destaca por permitir a marcação de movimentos dos olhos em tempo real, permitindo a obtenção de detalhes sobre os processos cognitivos e perceptivos dos usuários [2] [3].

De forma geral, a análise do movimento ocular pode ser realizada subjetiva ou objetivamente. A análise subjetiva prioriza a observação dos locais de concentração de olhar a partir da geração de mapas de calor, constituídos dos dados de rastreamento registrados [4]. Mapa de calor ou atenção [5] é um método bastante difundido de visualização de dados de rastreamento de usuário.

Por outro lado, a análise objetiva visa a compreensão de variáveis obtidas através de parâmetros pré-definidos no software de análise e captura. Depende das métricas de movimento ocular geradas pelo software, incluindo, por exemplo, a fixação do olhar, quantidade de pontos de fixação, entre outras [6]. Aliadas a técnicas de captura e análise de dados, interfaces de usuário adaptativas [7] melhoram a habilidade de interação do usuário com o sistema em tempo real, construindo um modelo de uso baseado na UX histórica.

Este artigo apresenta um estudo de caso que comparou dados rastreados de movimentos do *mouse* e da atenção do olhar de um conjunto de usuários. A ferramenta AIMT-UXT [8], uma evolução do Web Tracer [9], foi aplicada em um *website* do governo brasileiro, durante a realização de tarefas

pré-definidas, em ambiente controlado.

A análise dos dados obtidos e a discussão resultante buscam auxiliar na resposta de perguntas como: O rastreamento do *mouse* é acompanhado pelo olhar do usuário? Pode-se propor modelo para ajustes automáticos em sites baseados na UX? Como a Inteligência Computacional pode auxiliar neste processo? É possível definir padrões de comportamento de usuários a partir do rastreamento do *mouse* e/ou do olhar? Para responder tais perguntas, foi desenvolvida uma metodologia baseada em agrupamento de rastreamento de dados do *mouse* e do olhar para melhoria da UX a partir da adaptação de sistema.

O artigo está organizado na seguinte forma: na seção II são citados os trabalhos mais relevantes de rastreamentos do *mouse* e do olhar; na seção III são descritas as ferramentas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa; a seção IV traz o estudo de caso, com o cenário utilizado e os usuários envolvidos; a seção V apresenta os resultados obtidos e faz uma discussão sobre os grupos de comportamentos identificados, apresentado uma análise comparativa; a seção VI conclui este artigo.

II. TRABALHOS CORRELATOS

Os rastreamentos do olhar e do *mouse* podem ser usados em metodologias que ajudem pesquisadores a entender a atenção visual em sistemas interativos diversos. Com o rastreamento ocular, é possível, por exemplo, detectar para onde e por quanto tempo os usuários olham um objeto em um sistema, além do caminho percorrido pelos olhos. Por outro lado, com o rastreamento do *mouse* é possível aferir medidas como quantidade de cliques, percurso de navegação, e taxa de erros para determinada tarefa.

A literatura relaciona diversos métodos e sistemas para coleta de dados através do rastreamento dos olhos, alguns utilizando *hardwares* específicos, tais como, *RealSense Tracking Camera T265*¹, e outros utilizando somente *webcam* convencional. *TurkeyGazer* [10], por exemplo, é um *software* de código-aberto que utiliza a *webcam* para analisar pontos de interesse em imagens. PACE [11], utiliza um aplicativo *desktop* para executar o rastreamento de olhar usando uma *webcam*. GazePoint [12], utiliza tecnologia proprietária, a partir de câmeras especiais e rastreadores de íris para identificar pontos de atenção do usuário.

Sobre o rastreamento do *mouse*, foram identificadas tecnologias proprietárias, em sua maioria, destacando-se: *MouseFlow*², *HotJar*³ e *CrazyEgg*⁴. Este tipo de solução possui inconvenientes, visto que, além de requererem pagamentos para uso de funcionalidades de análise, tais ferramentas possuem método de implementação interna, isto é, exigem adaptações nos *websites* para aplicação, e adicionalmente, de não permitirem acesso ao código fonte, impedindo eventuais expansões.

Além de ferramentas, diversos trabalhos têm abordado metodologias para avaliar a UX, com a finalidade de adaptar e/ou personalizar sistemas interativos, recomendar ou prever

conteúdos. Estas referências utilizam de forma individualizada ou conjunta o rastreamento do olhar e do *mouse*. Como por exemplo [13], que utiliza dados de rastreamento ocular e do *mouse*, coletados durante o uso de interface, para otimização de *layout*, via algoritmos genéticos. Estes consideraram os diversos elementos do *layout* e as restrições geométricas correspondentes. Os resultados mostraram aumento da eficácia, eficiência e satisfação dos usuários quando interagem com o objeto.

O trabalho em [14] propõe uma metodologia de previsão de satisfação de usuários em serviços de busca através da análise de dados de clique e movimento do *mouse*, validados com a classificação de satisfação fornecida pelos usuários aos resultados de busca. Os resultados mostram que as estratégias propostas superaram os métodos existentes e apresentaram capacidade de generalização promissora em diversos ambientes de busca.

Em [15] é proposta uma solução para identificação de áreas de interesse de usuários em páginas Web através do rastreamento do *mouse*, que realiza a conversão de posições de *mouse* em funções matemáticas predefinidas. Os resultados apresentam redução significativa de dados transmitidos do cliente para o servidor, o que leva à economia expressiva dos recursos do sistema no lado do servidor.

Visando otimizar o processo de autenticação de acesso, em [16], o rastreamento do olhar é utilizado para inserção de Número de Identificação Pessoal (PIN). Os autores utilizaram rastreamento do olhar e medição de diâmetro pupilar através de câmeras inteligentes, para identificar em quais números do teclado o olhar está fixado.

Em [17] é conduzida uma investigação com o rastreamento do olhar para auxiliar pessoas com problemas motores e de comunicação. Para a realização do trabalho utilizou-se uma *webcam*, e o software MatLab⁵ para o rastreamento, processamento de dados e comunicação através de um menu interativo.

O uso destas técnicas foi estendido para análise de vídeos. Em [18], foi desenvolvido um sistema de VLEYE (*Video Lecture Eye-tracking*), que possui o objetivo de auxiliar pesquisadores a melhor a capacidade de transmissão de informações em palestras em vídeo, haja vista que permite reunir as áreas dinâmicas de interesse (AOIs) e combiná-las com dados de movimento ocular. Este tipo de investigação é particularmente útil no melhor entendimento de processos cognitivos, a partir de estímulos dinâmicos em vídeos.

O trabalho em [19] tem como objetivo identificar a efetividade de anúncios em vídeo. É proposta uma análise de movimentação de olhos, através da técnica de regressão logística [20], com testes em 61 participantes, estimulados por 6 vídeos de anúncios e avaliados via questionário. Os resultados mostram que quando o participante concentrava a atenção no produto que estava sendo anunciado, a avaliação era positiva sobre a efetividade do anúncio⁶. Entretanto, quando

¹<https://www.intelrealsense.com/tracking-camera-t265/>

²<https://mouseflow.com>

³<https://www.hotjar.com/>

⁴<https://www.crazyegg.com>

⁵<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

⁶Considerou-se efetividade a possibilidade de compra do produto

o participante focava os olhos sobre elementos relacionados às marcas, a maioria das avaliações foi negativa. Trabalhos deste tipo podem ajudar a responder tais perguntas: Como a UX, quando exposta a anúncios em vídeo, afeta as ações do usuário (decisão de pular ou assistir a um anúncio)?, conforme aborda [21].

A investigação apresentada em [22] sobre a correlação entre posição de fixação do olhar e o cursor do *mouse* abordou o efeito do tempo, padrões de comportamento, e diferentes tarefas de busca, no alinhamento do cursor e do olhar. Os resultados permitiram a predição da posição do olhar com maior acurácia do que com a utilização da posição do cursor do *mouse* somente.

Da breve revisão de literatura realizada nesta seção, verifica-se que técnicas de monitoramentos de *mouse* e de olhar têm sido amplamente investigadas para UX. Trabalhos como [23] chegam a propor na prática formas de adaptação de sistemas. O presente artigo utiliza uma ferramenta desenvolvida pelo grupo de pesquisa para mensurar e comparar o uso de técnicas de coleta de UX, para que se possa entender, analisar e propor novas interfaces para o usuário e, por conseguinte, melhorar a UX. O diferencial deste trabalho em relação aos encontrados na literatura é de contemplar pontos que são discutidos de maneira isolada, sendo estes: (i) execução da ferramenta de avaliação em um navegador (tornando-a extensiva, simples e adaptativa); (ii) relacionar a avaliação do rastreamento do olhar com o *mouse*; (iii) o código-aberto, de fácil implementação e manuseio; (iv) propor uma metodologia baseada em técnicas de inteligência artificial, especificamente algoritmo de agrupamento; (v) possibilidade de aplicação em ambientes multimídia.

III. FERRAMENTAS DE RASTREAMENTO

A ferramenta AIME-UXT [8] foi desenvolvida para registrar as interações de usuários, a partir do uso do *mouse*, para posteriormente analisá-las. É composta de três módulos: *Single-View*, *Heatmap* e *DataFuzzy*. O *software* permite a coleta, organização e processamento de dados. A arquitetura da aplicação sustenta-se em um arranjo de tecnologias que garante flexibilidade através do uso de PHP e JavaScript, permitindo a captura e armazenamento de dados independentemente de plataformas específicas, e o alto desempenho no processamento de dados através da utilização de C#.

Para realização da coleta de dados através do rastreamento ocular, foi utilizada a biblioteca *open-source* "SearchGazer.js" [24] Desenvolvida em *javascript*, é uma ramificação da biblioteca "WebGazer.js" [25]. A biblioteca foi selecionada em razão dos dados de inferência de posição do olhar estarem imediatamente disponíveis para armazenamento, além de não necessitar de calibragem prévia. Assim como algumas ferramentas citadas na seção II, esta também utiliza *webcam* para inferir a localização do olhar do usuário em tempo real na tela. Para predição, o *SearchGazer.js* utiliza quatro métodos de regressão: *ridge*, *weightedRidge*, *threadedRidge* e *linear*. Estes modelos são baseados no método de

regressão *Ridge* [26] e possuem diferenças na velocidade e precisão dos resultados.

SearchGazer.js também utiliza 3 métodos de reconhecimento facial: *clmtrackr*⁷, *js-objectdetect*⁸ e *tracking.js*⁹. Devido a limitações de hardware, utilizou-se o modelo de detecção facial "clmtrackr" e o método de regressão *ridge* que mapeiam *pixels* detectados pelo olhos para os locais na tela, retornando os pontos de predição. Sempre que a interação do usuário ocorre, o modelo é treinado, colocando sua localização na tela nos *pixels* correspondentes à fixação do olhar.

Para realização das tarefas, foi necessária uma série de adaptações nas ferramentas selecionadas para que a coleta e armazenamento dos dados de rastreamento nas duas modalidades ocorressem simultaneamente. O módulo *browser* do AIME-UXT foi modificado para incluir também os *scripts* do *SearchGazer.js*. Este último também foi ajustado para que cada predição fosse enviada ao AIME-UXT, para posterior envio ao servidor de armazenamento. A aplicação também foi aperfeiçoada para permitir a geração de imagens de rastreamento para o novo tipo de dados proveniente do *SearchGazer.js*.

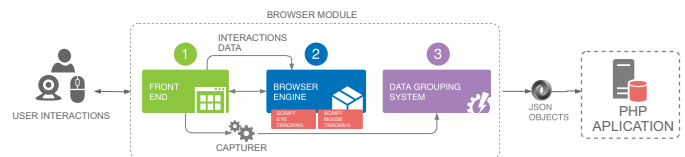


Fig. 1. Metodologia para coleta de dados de interação do usuário. Fonte: [8] Adaptado.

A Figura 1 ilustra a metodologia de coleta de dados. O processo inicia com a aferição das interações do usuário através do *mouse* e do olhar na interface do *website*. Esses dados são coletados através do *SearchGazer.js* e do AIME-UXT e depois são agrupados em objetos JSON e enviados para o servidor de armazenamento. Para análise e apresentação dos dados de interação obtidos, foram utilizados mapas de calor, rastro de percurso e gráficos em linha e coluna. Através dos mapas de calor é possível identificar pontos de fixação do olhar do usuário na interface aferida. O rastro de percurso permite confrontar se o caminho feito pelo *mouse* é o mesmo que o do olhar. Os gráficos permitem visualizar com mais detalhes a dispersão do olhar em relação ao *mouse* e as aferições de desempenho do usuário.

A Figura 2 mostra a arquitetura do modelo de análise e gráficos. Após os dados de interação serem enviados para o servidor de armazenamento, os mesmos são analisados no AIME-UXT que, em seguida, gera como saídas o mapa de calor e o rastro de *mouse*. A ferramenta permite ainda a geração de arquivos utilizados para elaboração de Gráficos, onde, os dados armazenados em XML (*eXtensible Markup Language*) são convertidos para CSV (*Comma-separated Val-*

⁷<https://github.com/auduno/clmtrackr>

⁸<https://github.com/mtschirs/js-objectdetect>

⁹<https://trackingjs.com/>

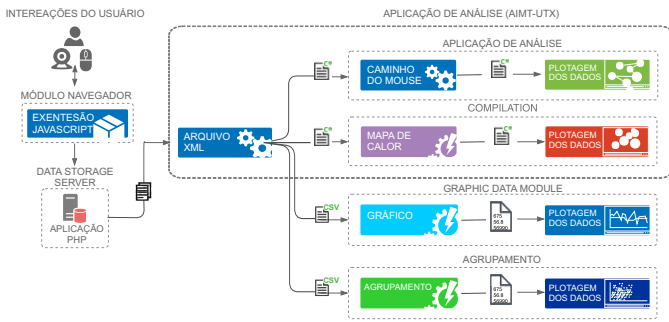


Fig. 2. Metodologia para análise dos dados de interação do usuário. Fonte: [8] Adaptado.

ues) e analisados utilizando o *Microsoft Excel*, no qual são gerados gráficos.

IV. ESTUDO DE CASO

Para a validação da solução desenvolvida, foi utilizado como cenário de testes utilizando o *website* da Receita Federal do Brasil¹⁰, que concentra serviços fiscais para pessoas físicas e jurídicas, incluindo o serviço de imposto de renda, principal tributo arrecadado pelo governo [27].

Foram propostas quatro tarefas aos usuários:

- (i) Encontrar o link para baixar o aplicativo de Declaração de Imposto de Renda de Pessoa Física;
- (ii) Encontrar o link para o website do Simples Nacional;
- (iii) Encontrar o painel de antecipação de malha fiscal;
- (iv) Encontrar o link para o portal do Centro Virtual de Atendimento ao Contribuinte (e-CAC).

Os caminhos para cada um dos objetivos dos testes são diversos, necessitando inclusive que o usuário retorne páginas caso não encontre o item da tarefa proposta.

A partir de diversos testes preliminares, foi definido empiricamente que a coleta do rastreamento do *mouse* e do olhar seria feita a cada 100 ms através de uma *webcam* com resolução em 1280x720 px, com uma margem de erro de predição de 100 *pixels*, utilizando monitor com resolução em 1920x1080 px. Para isso, foram selecionados dez participantes, com o Método de Amostragem Aleatória [28]. Todos os usuários eram estudantes do curso de Engenharia da Computação com conhecimento sobre acesso a *websites* diversos. Todos os usuários receberam as instruções antes da realização de cada teste para que não houvesse dúvidas em relação ao objetivo proposto.

Os testes foram realizados em dois computadores com sistema operacional *Microsoft Windows 10*, navegador *Google Chrome*, e *webcam* com resolução de 1280x720 px. Para maior confiabilidade e garantia de que os dados de rastreamento de olhar fossem obtidos com maior precisão possível, foram selecionados ambientes iluminados com fundo de cor sólida atrás do usuário.

V. RESULTADOS

Os dados de interação foram capturados com os sistemas descritos na seção III, conforme Figura 3, que apresenta os valores do tempo de execução de cada tarefa para cada usuário. Observou-se a ocorrência de dois tipos de comportamentos: (i) o usuário que deixa o *mouse* **estático** e (ii) o que interage de forma **dinâmica** com o *mouse*. Para facilitar a visualização, os gráficos em barra foram divididos nos dois tipos de grupos. É perceptível que os usuários de comportamento estático, que foram a maioria nos testes (sete usuários), apresentaram piores resultados, quando comparados com o outro grupo (três usuários).

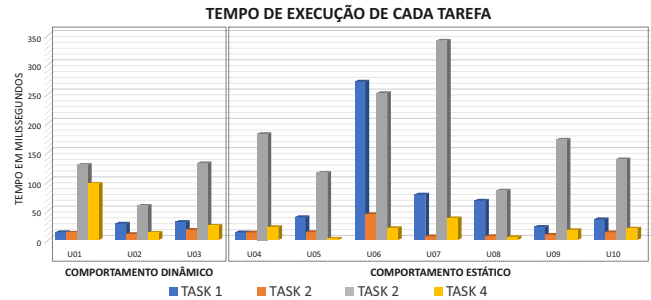


Fig. 3. Gráfico de tempo de execução de cada tarefa.

A utilização do k-means [29] se justifica por ser um método de Agrupamento baseado em distância bastante conhecido e eficiente para conjuntos pequenos de dados. Além disso, no caso do problema em questão, os agrupamentos resultantes não possuem restrições aos formatos de grupos esféricos/elipsoides gerados por esse tipo de modelo. Sendo assim, bastante pertinente para identificação das posições ($p=x,y-x,y$), que correspondem aos pares cartesianos (x,y) no plano, amostradas durante o movimento dos olhos ou mouse na interface.

A Figura 4 indica o resultado de agrupamento de pontos capturados pela ferramenta durante o movimento do *mouse* e do agrupamento do olhar de usuários avaliados nos experimentos relativos à Tarefa 1. O agrupamento foi feito por meio do método k-Means [30] e o melhor valor de k foi obtido com a métrica Silhouette [31]. Destaca-se que o agrupamento do movimento do *mouse* foi feito separadamente do movimento do olhar. No agrupamento do olhar foram identificados dois grupos (E1 e E2) e no agrupamento do movimento do *mouse* o método também identificou dois grupos (M1 e M2). A Figura 4 mostra os agrupamentos de *mouse* e olhar em um mesmo gráfico com a finalidade de permitir análise conjunta dos dois tipos de dados.

A Figura 5 também indica os resultados dos agrupamentos de *mouse* e olhar, realizados separadamente, dos usuários durante a atividade 4. Neste caso também foi usada a técnica k-Means avaliada pela métrica Silhouette. No agrupamento do movimento do *mouse* o método novamente identificou dois grupos (M1 e M2). No entanto, no agrupamento do olhar foram identificados quatro grupos (E1, E2, E3 e E4). A Figura

¹⁰<http://idg.receita.economia.gov.br>

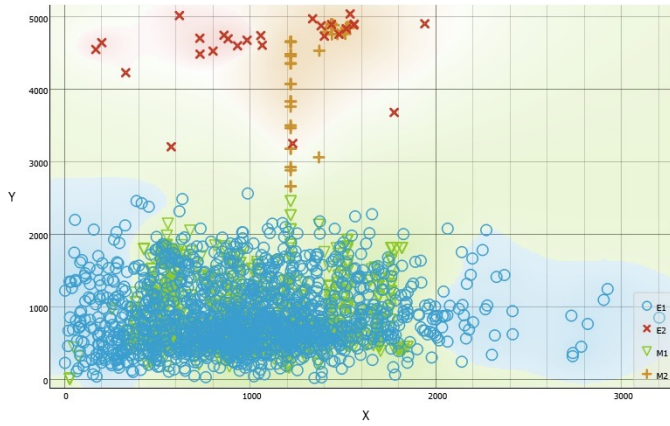


Fig. 4. Agrupamento de pontos capturados no site pelo deslocamento do mouse e do olhar dos usuários avaliados na Tarefa 1

5 mostra os grupos de mouse e olhar em um mesmo gráfico visando à análise conjunta dos dois tipos de dados.

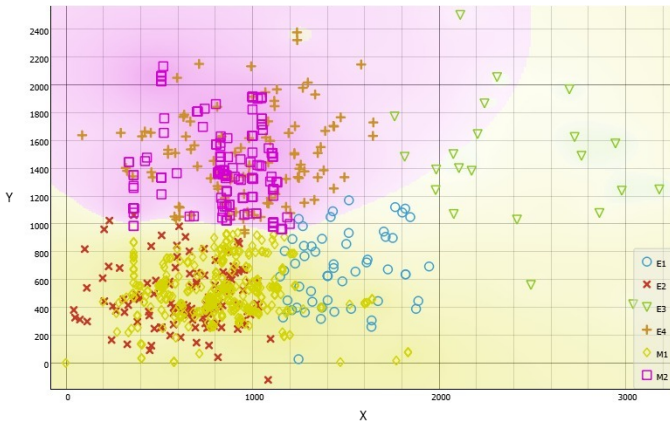


Fig. 5. Agrupamento de pontos capturados no site pelo deslocamento do mouse e do olhar dos usuários avaliados na Tarefa 4

A Figura 6 apresenta a média da distância euclidiana de todos os pontos, de todas as tarefas, para cada usuário. Nota-se novamente que os usuários de comportamento estático apresentaram piores resultados pois levaram um maior tempo para execução da tarefas, quando comparados com o grupo de comportamento dinâmico.

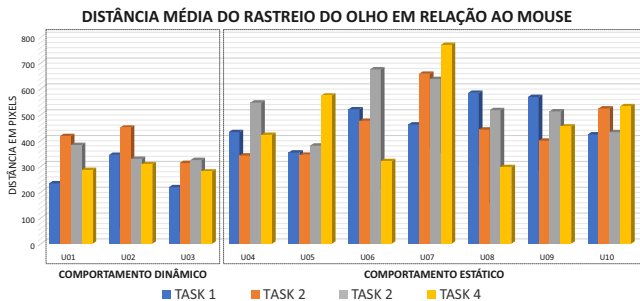


Fig. 6. Gráfico distância euclidiana média em cada tarefa

A partir das avaliações dos mapas de calor, percebeu-se que o usuário estático deixa o mouse parado em uma posição, enquanto desce a página com a barra de rolagem do mouse para fazer a leitura. Desta forma, conclui-se que usuário navega com o olhar nos itens da página a procura da opção desejada.

A Figura 7 (a) mostra exemplo de mapa de calor do rastreamento do olhar do usuário estático. Nota-se que o usuário apresenta o olhar navegando entre os itens da página. Os itens do menu lateral e a grade de ícones de acesso rápidos, ao lado do reprodutor de vídeo, foram os itens em que mais houve fixação do olhar. Estes resultados apresentados correspondem aos oito primeiros segundos, sendo este o tempo que o usuário levou até a localização do item de interesse na tarefa 1.

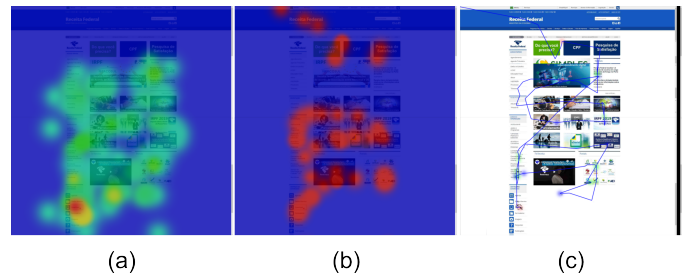


Fig. 7. Resultado da tarefa 1 do U1: (a) mapa de calor referente às interações com movimento do olho; (b) mapa de calor referente a pontos de fixação ou paradas do mouse; (c) caminho percorrido pelo mouse durante o teste.

A Figura 7 (b) apresenta o mapa de calor dos pontos por onde o mouse passa. Verifica-se que o usuário desce a barra de rolagem aos poucos e como o mouse desce junto automaticamente, cada parada é registrada. No último ponto vermelho da linha central, mostra-se a posição em que usuário parou de descer a página e move o mouse para a esquerda. Durante este movimento para a esquerda, é possível notar que ainda houve pelo menos três paradas mínimas na movimentação no caminho percorrido pelo mouse até alcançar o item "download" que completa a tarefa.

A Figura 7 (c) mostra o caminho percorrido pelo mouse, iniciando o teste com o movimento do mouse no canto superior esquerdo e, em seguida, descendo até a primeira interseção da tela. Neste ponto, o usuário estaciona o mouse e realiza a movimentação da barra de rolagem do mouse para baixo. Observa-se que, em algum momento, no ponto de curva final, o movimento de descida de página é interrompido e o mouse é movimentado até a opção do website no menu lateral esquerdo "Download" que finaliza a tarefa.

Fazendo-se um comparativo das Figuras 7 (a), (b) e (c), entende-se que o usuário tem familiaridade com o layout do website devido à fixação do olhar em itens específicos, como o menu lateral. O tempo ótimo de execução da tarefa 1 foi de 12,7 segundos, ficando abaixo do tempo médio de 38,85 segundos para esta tarefa.

Para exemplificar o comportamento dinâmico, o mapa de calor do rastreamento do olhar da Figura 8 (a) apresenta a varredura, com o olhar, em praticamente todos os itens da

página inicial em busca do item de interesse. Este mapa de calor corresponde aos 14 primeiros segundos da tarefa 3 do usuário U4, tempo para localização do item de interesse.

A Figura 8 (c) mostra o caminho percorrido pelo *mouse* na página. Observa-se uma movimentação regular, mesmo durante a descida da página com rolagem. Verifica-se que não há uma linha reta na Figura 8 (b), mas sim, uma série de pontos espalhados horizontalmente, confirmando o caminho mostrado na Figura 8 (c). Compreende-se que este usuário não tenha conhecimento do sistema devido ao olhar varrer praticamente todos os itens da página e não se manter fixado em itens específicos. O tempo para finalizar a tarefa 1 (14 segundos) ajuda neste entendimento, pois apesar de ainda ser um tempo abaixo da média, é bem superior em relação ao usuário U1. Este baixo tempo para concluir a tarefa pode ser explicado pelo dinamismo e velocidade que o usuário tem ao percorrer com o olhar e o *mouse* uma área mais abrangente da página inicial.

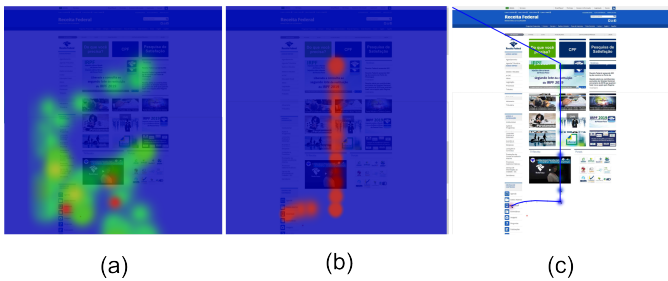


Fig. 8. Resultado da tarefa 3 do usuário U4: (a) mapa de calor referente às interações com movimento do olho; (b) mapa de calor referente aos pontos de fixação ou paradas do *mouse*; (c) caminho feito pelo *mouse* durante o teste.

A Figura 9 apresenta a média entre os comportamentos estáticos e dinâmicos do rastreamento do olhar. Observa-se que o comportamento dinâmico possui menos pontos em vermelho, visto que consegue finalizar a tarefa de forma mais rápida.

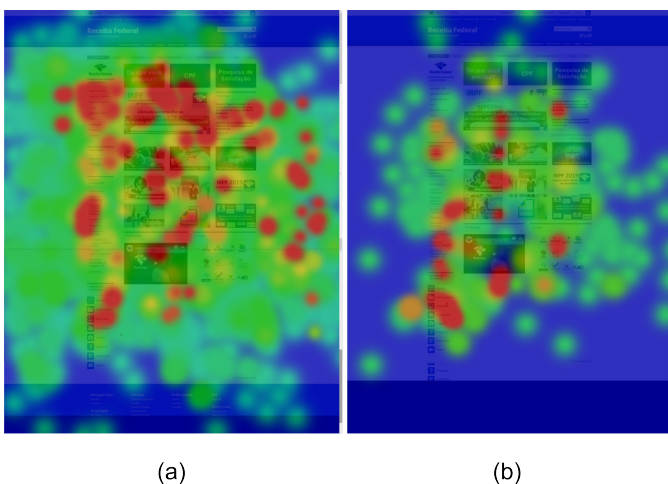


Fig. 9. Média do rastreamento do olhar dos comportamentos estáticos e dinâmicos.

A Figura 10 apresenta as distâncias euclidianas do olhar em relação ao *mouse* nos eixos X e Y da tela para a tarefa 1 do

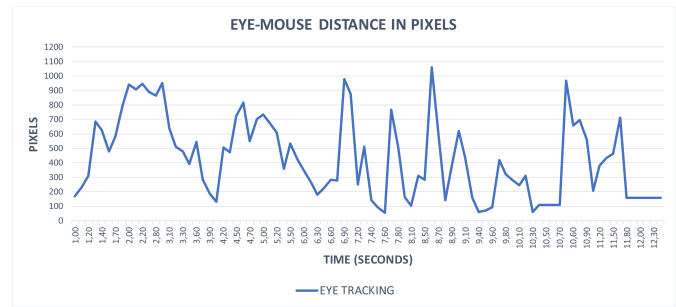


Fig. 10. Distância Euclidiana do rastreamento do olhar em relação ao *mouse* para tarefa 1 do usuário U1.

usuário U1. Nota-se que quanto maior o valor no eixo y, maior a distância entre os elementos que estão sendo monitorados. Verifica-se também que durante a maior parte do tempo o olhar do usuário ficou distante do *mouse* e em alguns momentos a distância chegou próximo de zero. Ou seja, de forma geral, o olhar do usuário não acompanhou o *mouse*. Os pontos de distância mínima são as oportunidades em que o olhar, ao passar o ponto de fixação do lado direito da tela para o lado esquerdo, acaba por passar próximo ao *mouse* que está estacionando, como mostrado na Figura 7 (b).

Nota-se na Figura 11 que a distância do olhar para o *mouse* é mais baixa e os picos máximos de diferença de distância são bem menores que os da Figura 10. Considerando a margem de erro de predição do rastreamento do olhar em 100 *pixels*, pode-se afirmar que, em média o olhar do usuário U4 segue o *mouse*.

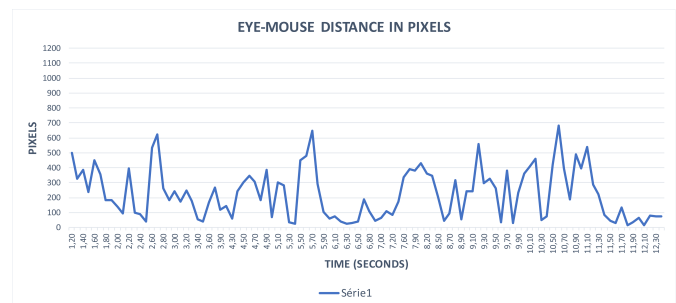


Fig. 11. Distância Euclidiana do rastreamento do olhar em relação ao *mouse* para tarefa 1 do usuário U4.

A relação entre *mouse* e olhar fica ainda mais evidente quando a média de distância entre os mesmos é analisada. O usuário estático obteve uma média de distância do *mouse* e do olhar de 451 *pixels*. O usuário dinâmico obteve uma média de distância do *mouse* e do olhar de 231 *pixels*. Assim, usuários com movimentos mais dinâmicos do *mouse*, tendem a ter a concentração do olhar mais próximo à posição atual do *mouse*, e finalizar as tarefas de maneira mais rápida, enquanto que usuários com *mouse* estáticos tendem a ter uma distância média entre o olhar e o *mouse* duas vezes maior, demorando, portanto, um tempo maior para finalizar as tarefas.

Expandindo a análise, a Figura 12 mostra a distância média

geral calculada utilizando os primeiros 90 segundos de dados de todas as tarefas realizadas pelos dez usuários. Nota-se que para o campo amostral deste artigo, considerando todos os dez usuários e todas as quatro tarefas, a distância média entre o rastreamento do olhar e o do *mouse* foi de 480 *pixels*, que é um valor considerado pequeno, quando comparado com os resultados isolados dos grupos de comportamentos estático e dinâmico, que totalizaram 601 *pixels* e 302 *pixels*, respectivamente. Conforme já relatado, usuários com o comportamento estático possuem uma tendência de não usar o rastreamento de *mouse* em sintonia com o olhar. De maneira geral, para o cenário proposto, o olhar não tende a seguir o rastreamento do *mouse*, sendo que quando esta dinâmica ocorre, o tempo para conclusão das tarefas diminui.

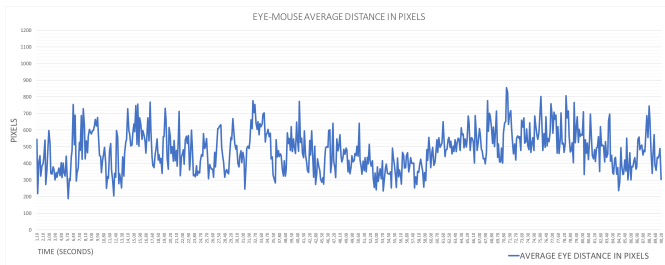


Fig. 12. Distância Euclidiana do rastreamento do olhar em relação ao *mouse* para situação 02.



Fig. 13. Site da Receita Federal antes (Lado Esquerdo) e depois da adaptação (Lado Direito)

Os dados obtidos nesta trabalho foram analisados e apresentados em diferentes formatos: mapas de calor, percursos do *mouse*, gráficos e agrupamentos. Conforme mostrado anteriormente, foram realizadas análises do caminho percorrido pelo *mouse*, comparando com o mapa de calor para demonstrar padrões de comportamento e hábitos coletados durante a realização das tarefas. Foram também analisadas as distâncias médias do rastreamento do olhar em relação ao *mouse* para os dois grupos de comportamento identificados. O banco de dados obtido permitiu gerar indicadores que, a partir de uma análise dos agrupamentos, apontaram uma localização para um novo botão de acesso - destacado e intuitivo - capaz de inserir uma nova dinâmica nas execuções das tarefas.

A Figura 13 apresenta a tela do site da Receita Federal adaptada com novo botão de acesso no canto inferior esquerdo. A localização do botão foi definida de forma inteligente, com

base nos agrupamentos dos dados obtidos com os usuários, que apontaram este local como o mais visualizado pelos usuários analisados. Ante ao exposto, é possível que a metodologia proposta monitore, avalie e adapte sistemas em larga escala, com uso de outras métricas e diferentes páginas de acesso, o que torna a metodologia genérica e flexível.

VI. CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentada uma Metodologia para adaptação de sistemas a partir do agrupamento de dados obtidos com o rastreamento do *mouse* e do olhar. Para isto, foram consideradas diversas métricas de avaliação que comparam as duas técnicas utilizadas. Foi proposto um estudo de caso para realização quatro tarefas, em site do fisco brasileiro, por dez usuários.

Esta metodologia proposta abre precedentes para que um modelo adaptativo baseado em UX possa ser obtido a partir de outros parâmetros, além do rastreamento do olhar e *mouse*, como por exemplo, utilizando o que é digitado pelo usuário (verificando o ritmo de digitação, a correção, etc.) e/ou sensores externos (como sensores corporais) e/ou indicativos de sentimentos extraídos a partir de redes sociais.

Pretende-se com isso que sistemas interativos possam personalizar cada vez mais a UX, tornando o processo adaptativo mais fidelizado ao sentimento e comportamento de quem utiliza o sistema. Como trabalhos futuros pretende-se testar novamente o site do estudo de caso, com novos usuários, com a página adaptada, confrontando os resultados em ambos os casos. Além disso, novos estudos serão feitos para aplicar o que foi desenvolvido para avaliação de vídeos, considerando fatores e hábitos específicos. Acredita-se que com a coleta de novos dados e com a aplicação de outros modelos de inteligência computacional será possível a adaptação em tempo real de sistemas, com a finalidade de aumentar o nível de UX.

VII. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem o apoio financeiro da Universidade Federal do Pará (UFPA), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) - Processo E-26/010.001800/2016.

REFERÊNCIAS

- [1] J. B. da Silva Júnior and A. H. Kronbauer, "A new approach to identifying the potentialities of user experience techniques," in *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018, pp. 291–294.
- [2] P. Viviani, "Eye movements in visual search: cognitive, perceptual and motor control aspects." 1990.
- [3] M. N. Giannakos, K. Chorianopoulos, and N. Chrisochoides, "Making sense of video analytics: Lessons learned from clickstream interactions, attitudes, and learning outcome in a video-assisted course," *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 2015.
- [4] J. H. Goldberg and J. I. Helfman, "Eye tracking on visualizations: Progressive extraction of scanning strategies," in *Handbook of Human Centric Visualization*, 2014.

- [5] D. S. Wooding, "Fixation maps: Quantifying eye-movement traces," in *Eye Tracking Research and Applications Symposium (ETRA)*, 2002.
- [6] K. Holmqvist, *Eye tracking: A comprehensive guide to methods, paradigms, and measures*. CreateSpace Independent Publishing Platform, nov 2017. [Online]. Available: <https://www.xarg.org/ref/a/1979484899/>
- [7] P. Langlely, "User modeling in adaptive interfaces," in *Proceedings of the Seventh International Conference on User Modeling*, ser. UM '99. Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 1999, pp. 357–370.
- [8] K. E. S. Souza, M. C. R. Seruffo, H. D. De Mello, D. D. S. Souza, and M. M. B. R. Vellasco, "User experience evaluation using mouse tracking and artificial intelligence," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 96 506–96 515, 2019.
- [9] K. E. S. de Souza, M. C. da Rocha Seruffo, and H. D. de Mello Jr., "Web tracer: Aplicativo para monitoramento de rastreio do mouse," in *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018.
- [10] P. Xu, K. A. Ehinger, Y. Zhang, A. Finkelstein, S. R. Kulkarni, and J. Xiao, "Turkergaze: Crowdsourcing saliency with webcam based eye tracking," *CoRR*, vol. abs/1504.06755, 2015.
- [11] M. X. Huang, T. C. Kwok, G. Ngai, S. C. Chan, and H. V. Leong, "Building a personalized, auto-calibrating eye tracker from user interactions," in *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '16. New York, NY, USA: ACM, 2016, pp. 5169–5179.
- [12] "Eye tracking system technology for everyone - ux testing — gazept." [Online]. Available: <https://www.gazept.com/>
- [13] J. A. Diego-Mas, D. Garzon-Leal, R. Poveda-Bautista, and J. Alcaide-Marzal, "User-interfaces layout optimization using eye-tracking, mouse movements and genetic algorithms," *Applied Ergonomics*, vol. 78, pp. 197–209, Jul. 2019.
- [14] Y. Chen, Y. Liu, M. Zhang, and S. Ma, "User satisfaction prediction with mouse movement information in heterogeneous search environment," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 29, no. 11, pp. 2470–2483, Nov 2017.
- [15] L. Čegan and P. Filip, "Advanced web analytics tool for mouse tracking and real-time data processing," in *2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics*, Nov 2017, pp. 431–435.
- [16] M. Mehrubeoglu and V. Nguyen, "Real-time eye tracking for password authentication," in *2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, Jan 2018, pp. 1–4.
- [17] R. S. Baştuğ, B. Yeşilkaya, M. Unay, and A. Akan, "Virtual mouse control by webcam for the disabled," in *2018 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)*, Nov 2018, pp. 1–4.
- [18] X. Zhang, S. Yuan, M. Chen, and X. Liu, "A complete system for analysis of video lecture based on eye tracking," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 49 056–49 066, 2018.
- [19] X. Zhang and S. Yuan, "An eye tracking analysis for video advertising: Relationship between advertisement elements and effectiveness," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 10 699–10 707, 2018.
- [20] D. G. Kleinbaum, K. Dietz, M. Gail, M. Klein, and M. Klein, *Logistic regression*. Springer, 2002.
- [21] M. Arantes, F. Figueiredo, J. M. Almeida, and R. O. Prates, "An investigation of user actions and experiences when exposed to youtube video ads," in *Proceedings of the 24th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. ACM, 2018, pp. 283–290.
- [22] J. Huang, R. White, and G. Buscher, "User see, user point: Gaze and cursor alignment in web search," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '12. New York, NY, USA: ACM, 2012, pp. 1341–1350.
- [23] S. Raheel, "Improving the user experience using an intelligent adaptive user interface in mobile applications," in *2016 IEEE International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET)*, Nov 2016, pp. 64–68.
- [24] A. Papoutsaki, J. Laskey, and J. Huang, "Searchgazer: Webcam eye tracking for remote studies of web search," 03 2017, pp. 17–26.
- [25] A. Papoutsaki, P. Sangkloy, J. Laskey, N. Daskalova, J. Huang, and J. Hays, "Webgazer: Scalable webcam eye tracking using user interactions," 07 2016.
- [26] A. E. Hoerl and R. W. Kennard, "Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems," *Technometrics*, vol. 12, no. 1, pp. 55–67, 1970.
- [27] Valor, "Receita federal recebe 28.524.560 declarações do irpf 2017 no prazo," Apr 2017. [Online]. Available: <https://glo.bo/324abZ9>
- [28] W. Banuenumah, F. Sekyere, and K. A. Dotche, "Field survey of smart metering implementation using a simple random method: A case study of new juaben municipality in ghana," in *2017 IEEE PES PowerAfrica*, June 2017, pp. 352–357.
- [29] J. MacQueen, "Some methods for classification and analysis of multivariate observations," in *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics*. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1967, pp. 281–297. [Online]. Available: <https://projecteuclid.org/euclid.bsm/1200512992>
- [30] S. Lloyd, "Least squares quantization in PCM," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 28, no. 2, pp. 129–137, Mar. 1982.
- [31] P. J. Rousseeuw, "Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis," *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 20, pp. 53 – 65, 1987.