



# AVALIAÇÃO DE MAPA DE ORIENTAÇÃO AO VISITANTE ATRAVÉS DO RASTREAMENTO OCULAR

M. J. Alixandrini Jr<sup>1</sup>, T. C. A. Monteiro<sup>2</sup>, N. L. Jesus<sup>3</sup>, V O Fernandes<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Universidade Federal da Bahia, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

Comissão III - Cartografia

## RESUMO

O rastreamento ocular é uma técnica utilizada para medir a posição observada por um usuário, se mostrando uma ferramenta útil na avaliação da cognição e percepção em diferentes áreas do conhecimento. Com o intuito de utilizar a tecnologia na avaliação cartográfica, o trabalho propõe a avaliação de mapa de orientação ao visitante. A principal relevância da proposta está na perspectiva de construção de um diagnóstico do produto cartográfico, a partir de dados mais objetivos, como mapa de pontos de fixação do olhar derivado do rastreamento ocular. Foi realizado um teste de usabilidade avaliando preliminarmente o uso dos rastreadores oculares em âmbito cartográfico e restringindo o número de usuários e o perfil desses usuários. Foram utilizados os *softwares* Haytam Server e Haytam Client para a aquisição dos dados. Elaborada uma montagem apropriada ao experimento, seguiram-se etapas de calibração, coleta, edição e análises das fixações obtidas. Os resultados foram analisados a partir de três tarefas de roteirização dentro do campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), avaliando o Mapa do Campus Seropédica. Analisando o tempo necessário aos participantes para realizarem as três tarefas e a distribuição das fixações foi possível inferir sobre grupos e características prejudiciais e benéficas da representação.

**Palavras-chave:** Rastreamento Ocular, Mapas de Localização, Cartografia.

## ABSTRACT

The eye tracking is a technique used to measure positions observed by user, proving a useful tool in assessment of cognition and perception in different areas of knowledge. In order to use the technology in cartographic evaluation, this work proposes the evaluation of orientation map to visitor. The main goal of this proposal is the building a diagnostic of the cartographic product from more objective data. This project used map attachment points that derived of eye tracking. As a preliminary step, a usability test was performed to evaluate the use of eye tracking in cartographic scope. There was restricting the number of users and the profile of these users available to test. The Haytam Server and Client Haytam were software for data acquisition used. Elaborate an appropriate assembly to experiment followed by calibration steps, collecting, editing and analysis of the obtained fixings. The results analyzed were from three routing tasks within the campus of the Rural Federal University of Rio de Janeiro, evaluating the Campus Map Seropédica. Analyzing the time needed for participants and the result of three tasks and the distribution of fixations was possible to infer about groups and harmful and beneficial features of representation.

**Keywords:** Eye Tracking, Orientation Map, Cartography.

### 1- INTRODUÇÃO

A avaliação de mapas com o uso de rastreamento ótico é recente, havendo pouca bibliografia que trata do assunto (MELCHIADES,2014; KOWALIK,2010). Com isso o método analisado se restringe à análise da distribuição dos pontos de fixação rastreados pelo sistema montado. A montagem depende de roteiros *open source hardware* e, a operação, de *open source software*; entretanto, os dados resultantes ainda sofrem processamento para que se gerem produtos capazes de simplificarem a análise das tarefas propostas.

### 2- O MOVIMENTO OCULAR E O RASTREIO DESTE MOVIMENTO

O movimento ocular é de ampla relevância para averiguar os processos cognitivos, pois permite assimilar o melhor funcionamento dos componentes oculares, como também assegura indicadores confiáveis do processo de atenção.

Os movimentos oculares são divididos em cinco classes principais: *smooth pursuits*, reflexos oculares, vigência, sacadas e movimentos fixionais.

Quanto às três primeiras classes de movimentos oculares, destacam-se:

- *smooth pursuits* - permitem a continuidade do rastreamento e comando visual entre a observação de objetos em movimento. Os movimentos são curtos, pausados e voluntários;
- reflexos oculares - igualam e harmonizam o movimento dos olhos em relação aos movimentos de corpo e é apropriadamente relacionado ao sistema vestibular;
- vergência são acomodações do olhar que recoloca os objetos que estão em distâncias diferentes do observador ou um objeto que se movimenta em relação à fóvea (LIVERSEDGE *et al.*, 2011; WERNER e CHALUPA, 2014).

Independentemente do projeto a ser realizado utilizando as técnicas de rastreamento do olhar, os rastreadores oculares podem ser classificados de acordo com a forma que são montados: dispositivos montados no *desktop* e dispositivos montados na cabeça (MAIA,2008).

### 3- DISPOSITIVOS MONTADOS NA CABEÇA

Os dispositivos montados na cabeça foram criados para que o usuário tivesse mais liberdade de movimentos de cabeça (MAIA,2008). Esses dispositivos eram muito pesados e incômodos, mas permitia a instalação de sensores adicionais. Assim se mostrou uma excelente solução para os problemas de movimento de cabeça. Esta pesquisa foi proposta por Hartridge e Thompsom em 1948.

No presente, os rastreadores oculares montados na cabeça utilizam-se de câmeras de vídeo que indicam a posição dos olhos. Esses equipamentos se movem junto com a cabeça do indivíduo, mas na verdade a movimentação da cabeça concebe uma mínima variação em relação à posição da câmera em referência aos olhos do usuário, intitulado de escorregamento. Esse escorregamento é compensado por uso de algoritmos (KOLAKOWSKI E PELZ, 2006).

Este projeto pode ser acrescido de uma câmera de cena, que é uma câmera que grava imagens do mesmo ponto de vista dos usuários, assim criando novas funções para situações reais, sem a imposição de um ambiente controlado (ROTHKOPF; PELZ, 2004).

### 4- *HARDWARE* DE RASTREAMENTO MONOCULAR

Foi empregado para o rastreio uma montagem de câmeras desenvolvida por Michał Kowalik em 2010 da Universidade da Pomerânia do Leste/Polônia. Nesta montagem alterou-se a iluminação da câmera que fica montada na cabeça e rastreia o olhar; ela passou a utilizar *LEDs* e filtro de infravermelho de 750µm. Associada à essa câmera encontra-se outra apontada para a área visualizada. A segunda câmera foi embutida em um tripé fotográfico para que se tivesse uma tomada vertical da área da carta. Foram utilizadas *webcam* de 5MP com conexão USB que encontravam-

se conectadas a um computador *laptop* via um *hub* USB.

O computador *laptop* tinha configuração de: processador com *clock* de 2.2 GHz e placa de vídeo de 1GHz acima dos requisitos mínimos demandados e memória ROM de 500GB.

### 5 - *SOFTWARE* DE RASTREAMENTO DO OLHAR

Foram utilizados os *softwares* Haytam Server e Haytam Client para a aquisição dos dados. Haytham é um *software* de código aberto para o rastreamento de olhar, adequado para montagens sobre a cabeça e remota. Ele fornece estimativa da posição do olhar em tempo real no campo de vista do usuário ou em um monitor de computador, analisando o movimento dos olhos. Haytham oferece interação baseada em olhar com telas de computador. O software é construído por C#, usando bibliotecas de processamento de imagem Emgu e a *Forge*. Haytham foi desenvolvida por Diako Mardanbegi durante sua tese de doutorado supervisionado por Dan Witzner Hansen, da Universidade de Copenhague TI.

Dentre as principais características do *software* estão:

- Estimativa da posição do olhar no campo de visão do usuário;
- Rastreamento montado na cabeça e remoto;
- Exportar os dados de rastreamento ocular como um arquivo .txt;
- Plotagem dos dados da fixação ocular em tempo real exibido na imagem da cena.

Mesmo com várias funcionalidades os dados provenientes do *software* Haytham tiveram que ser editados. Os dados foram então editados e plotados utilizando planilha eletrônica e *software* CAD.

### 6 - *MÉTODO*

Foi realizado um teste de usabilidade avaliando preliminarmente o uso dos rastreadores oculares em âmbito cartográfico e restringindo o número de usuários e o perfil desses usuários.

Assim foram escolhidos participantes com nível superior incompleto, maiores de 18 anos e capazes do ponto de vista civil. O grupo foi composto de oito participantes, sendo cinco homens e três mulheres, com idades entre 19 e 23 anos. O perfil selecionado foi de pessoas com estatura mediana, que não utilizassem óculos, onde os traços étnicos tendessem a olhos amendoados e escuros. Verificou-se que olhos mais claros têm pouco contraste da íris e pupila quando expostos à iluminação infravermelha. E a não exposição da circunferência da pupila causa perda do rastreio mais frequente.

Foram selecionados voluntários que iniciaram suas atividades discentes em cursos de graduação da UFRRJ. Este critério teve por objetivo avaliar a capacidade de percepção sob a carta por parte de estudantes que não tivessem familiaridade com a mesma. Após a montagem do experimento cada estudante tinha que realizar o processo de calibração. O processo de calibração implementado no *software Haytam Server v1.3* tem o objetivo de orientar o referencial da câmera montada sobre a cabeça com a câmera da visualização da cena. Esta calibração pode ser feita por modelos de transformações ortogonais bidimensionais de 4 parâmetros (duas translações, uma rotação e um fator de escala) :

$$X = a_1x + a_2y + a_3 \quad Y = a_1y - a_2x + a_4$$

ou por um polinômio de 8 parâmetros que modelaria distorções projetivas:

$$X = \frac{a_1x + a_2y + a_3}{a_4x + a_5y + 1} \quad Y = \frac{a_6x + a_7y + a_8}{a_4x + a_5y + 1}$$

Após a calibração os voluntários eram arguidos. As perguntas versavam sobre a localização e traçado de rotas sobre a carta. Eles realizaram três rotas:

- Tarefa 01: identificação de uma rota entre entrada e um Instituto.
- Tarefa 02: identificação de percurso entre dois institutos.
- Tarefa 03: identificação de rotas alternativas a obstruções hipotéticas.

A carta foi colocada sob um lâmina de vidro que permitia que os estudantes desenhassem as rotas sugeridas sobre a carta utilizando marcador de quadro branco. Dentre os dados que eram gravados estavam:

1. Vídeo do movimento do olhar e detecção da pupila;
2. Vídeo da cena com ponteiro do movimento do olhar na cena;
3. Arquivos texto das coordenadas do centro da pupila, coordenadas da fixação do olhar, o diâmetro da pupila e o instante em que a medida foi realizada.

Após a coleta, os dados foram editados. A necessidade da edição se deu, devido ao não reconhecimento da posição da pupila em determinados

instantes. O algoritmo perdia o rastreamento em função do fechamento dos olhos, por vibração do sistema ou pelo movimento abrupto da cabeça. Outra influência sobre o rastreamento era a má visualização da pupila em função da abertura da pálpebra. Esses fatores implicavam em reconhecimento equivocado do algoritmo gerando pontos fora da carta ou valores nulos no arquivo de coordenadas.

Os arquivos editados eram utilizados para a plotagem das coordenadas e associados a imagem da carta com o auxílio de software CAD.

A dispersão dos pontos de rastreamento de pupila e fixação do olhar dos entrevistados foi analisada comparando-se as respostas e julgando o resultado das tarefas.

## 7- RESULTADOS

Os resultados foram analisados a partir de três tarefas de roteirização dentro do campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, avaliando o Mapa do Campus Seropédica, disponibilizada pelo *site* da universidade. Citado como Mapa de Orientação para os calouros de 2014.1.

As três tarefas executadas pelos participantes foram:

- 1ª tarefa – Criar uma rota alternativa entre o portão de acesso da universidade até o Departamento de Geociências (DGEO).
- 2ª tarefa – determinar a melhor rota entre dois prédios, partindo do Departamento de Geociências (DGEO) e chegando ao Instituto de Florestas (IF).
- 3ª tarefa – Com uma interrupção hipotética no prédio da Matemática – Pitágoras, criar uma rota alternativa entre o Departamento de Geociências (DGEO) e o Instituto de Florestas (IF).

No teste foram avaliados sete alunos calouros da turma– do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica e uma professora especialista na área de cartografia.

NOME	CIDADE	BAIRRO	IDADE (anos)	CALIBRAÇÃO (s)	TEMPO TOTAL (min)	
Voluntário 1	Rio de Janeiro	Sepetiba	21	14s	2,23	
Voluntário 2	Rio de Janeiro	Anchieta	21	9s	1,21	
Voluntário 3	Rio de Janeiro	Padre Miguel	19	12s	4,00	
Voluntário 4	Rio de Janeiro	Santa Cruz	19	22s	2,34	
Voluntário 5	Seropédica	Fazenda Caxias	19	21s	4,10	
Voluntário 6	Rio de Janeiro	Méier	20	9s	2,34	
Voluntário 7	São Gonçalo	Alcântara	19	18s	1,39	
Voluntário 8	Rio de Janeiro	Recreio	-	5s	3,54	
				<b>Média</b>	15s	2,64

Quadro 01: Dados dos participantes

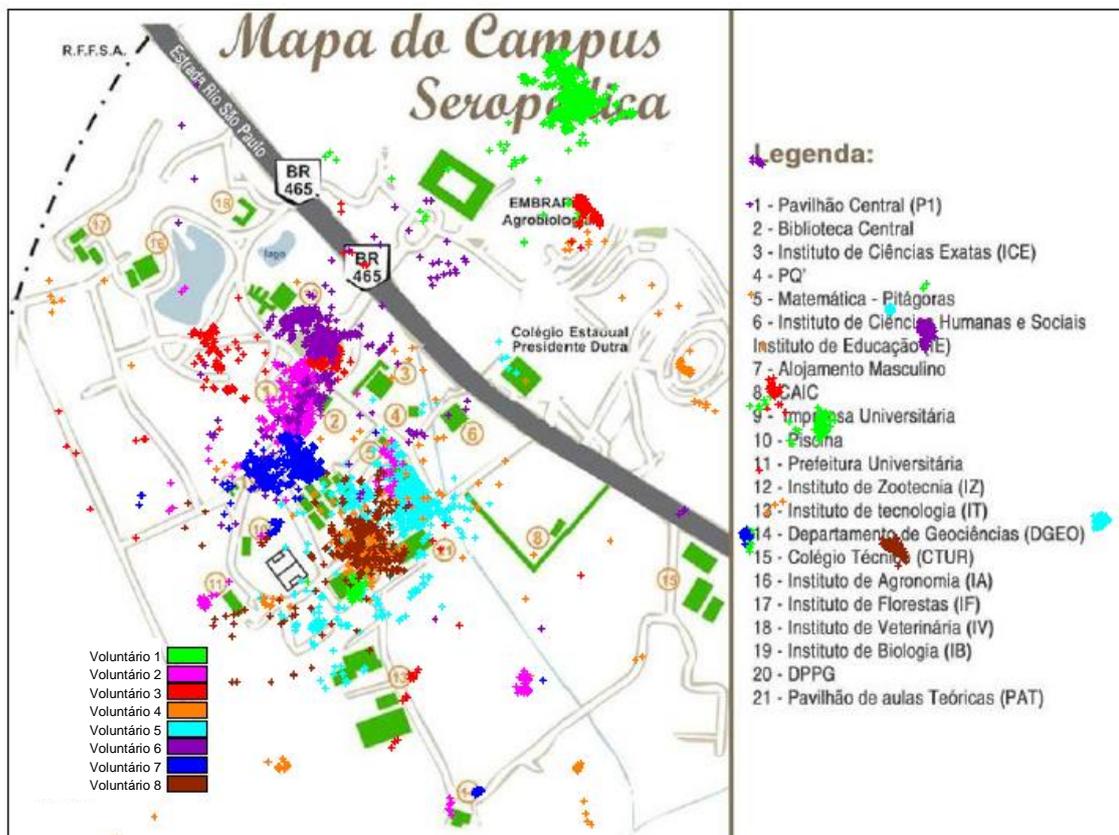


Figura 1: Cartograma do campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sobreposto os dados de todos os participantes.

Ao analisar o tempo e a distribuição dos pontos dos participantes verifica-se que quanto menor o tempo de execução das tarefas menor era o conhecimento real sobre o campus, pois não se levou em consideração sua vivência acadêmica para traçar a melhor rota. Os participantes fizeram seu trabalho maneira arbitrária tendo as opções dadas na carta como possibilidades de rotas a serem percorridas, apenas ligando dois pontos sem pensar por onde estariam passando.

Ao analisar o quadro 02 verifica-se que:

- 100% dos voluntários mostraram dificuldades de encontrar o prédio da Matemática – Pitágoras e tiveram que recorrer à legenda para se localizar no mapa.
- 87,5% da amostra demonstraram recorrência sobre a legenda para fazer alguma das tarefas.
- 62,5% dos usuários demonstraram alguma forma de atenção ao se deparar com a

bifurcação próxima ao instituto de Zootecnia (IZ) e ter que determinar uma rota.

- 50% dos indivíduos da amostra fixaram o olhar sobre a EMBRAPA, tanto por ser uma das poucas coisas identificadas corretamente sobre o mapa, quanto por ser uma forma de se localizar para realizar a primeira tarefa.

- 37,5% dos participantes fixaram o olhar sobre o Pavilhão Principal (P1) para tentar se localizar no mapa e traçar a primeira tarefa. O quadro a baixo demonstra as áreas em que os voluntários fixaram o olhar.

	Legenda	Pavilhão Central(P1)	Matemática – Pitágoras	Embrapa	Bifurcação Próx.(IZ)
<b>Voluntário 1</b>	X		X	X	X
<b>Voluntário 2</b>		X	X		X
<b>Voluntário 3</b>	X		X	X	X
<b>Voluntário 4</b>	X		X		X
<b>Voluntário 5</b>	X	X	X	X	
<b>Voluntário 6</b>	X		X		
<b>Voluntário 7</b>	X		X		X
<b>Voluntário 8</b>	X	X	X	X	
<b>% da amostra que fixou o olhar</b>	87,5	37,5	100	50	62,5

Quadro 02: Demonstrando as áreas de fixação do olhar e os voluntários

## 8 - CONCLUSÃO

Ao analisar o tempo necessário aos participantes para realizarem as três tarefas é possível dividi-los em dois grupos que tiveram dificuldades específicas. No primeiro grupo, os que tiveram tempo acima da média, tentaram recriar trajetos ou localizar referências que utilizam diariamente no seu trajeto ao Instituto de Tecnologia. No segundo grupo, os participantes se ativeram à identificação dos pontos iniciais e finais das rotas, utilizando as possibilidades dispostas no cartograma e, com essa observação, eles realizaram a opção por uma rota possível. Neste caso, as dificuldades associaram-se ao uso excessivo da legenda. Outro problema é foi a localização da entrada que não está explícita na carta.

A distribuição das fixações nos mostram que informações desatualizadas e a falta de detalhamento na caracterização correta de referências importantes fizeram com que os voluntários tivessem que recorrer muitas vezes à legenda.

Com base na heterogeneidade dos resultados podemos afirmar que o mapa não atende a nenhum dos conceitos de qualificação, pois ele não tem expressão, assim não evidencia, nem enriquece, os aspectos de maior relevância. Falta ao mapa também eficácia já que os voluntários levaram muito tempo para extrair as informações, e tiveram que recorrer várias vezes à legenda. A legibilidade foi prejudicada, visto que o mapa não apresentava os símbolos que torna mais fácil a compreensão das características físicas do *campus*. Podemos verificar que não existem referências para a identificação dos usuários na abstração de uma rota.

Acredita-se que com a organização da legenda e sua hierarquização por importância utilizando variáveis gráficas, como tamanho para o projeto dos símbolos, poderia modificar a interpretação da carta. Além disso,

existem questões relacionadas a sua atualização e detalhamento que influem negativamente na sua interpretação, podendo levar a confusão durante sua utilização prática.

As conclusões se basearam apenas na distribuição dos pontos de fixação coletados, sugere-se, para próximos trabalhos, uma análise sobre implementação de métodos que avaliem a sequência da fixação ou a interpolação dos valores amostrados. Também se sugere a ampliação das amostras para que se tenha uma maior representatividade do resultado final.

## 9 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BITGOOD, Stephen. *An Analysis of Visitor Circulation: Movement Patterns and the General Value Principle*. California Academy of Sciences, 2010.

KOLAKOWSKI, Susan M.; PELZ, Jeff B. *Compensation for Eye Tracker Camera Movement*. In: *Symposium On Eye Tracking & Applications Etra*, San Diego, California, USA, 2006. *Proceedings...* New York, NY, USA: ACM Press, 2004. p 79-85.

KOWALIK, Michal. *How to build low cost eye tracking glasses for head mounted system Faculty of Computer Science and Information Technology*. The West Pomeranian University of Technology, Szczecin Poland, 2010.

LIVERSEGE, S.P., GILCHRIST, I.D. & EVERLING, S. *The Oxford Handbook of Eye Movements*. New York: Oxford University Press, 2011.

MAIA, Marcus. *Processos bottom-up e top-down no rastreamento ocular de imagens*. Revista de estudos Linguísticos. 2008

MELCHIADES, Adriana Manso. **Parâmetros oculares no rastreamento visual de cenas com conteúdo emocional.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Comportamento UNB, Brasília, 2014.

ROTHKOPF, Constantin A.; PELZ, Jeff B. *Head movement estimation for wearable eye tracker.* In: *Symposium On Eye Tracking & Applications Etra,*

San Antonio, Texas, USA, 2006. Proceedings. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. p 123-130.

U.S. DVA. You Are Here Maps and Directories, U.S. *Department of Veterans Affairs* 2012.

WERNER, J.S. & CHALUPA, L.M. *The new visual neurosciences.* Massachusetts: MIT Press. 2014.