



SEÇÃO: ARTIGOS

Laboratório de processamento visual e a pesquisa com rastreamento ocular

Visual processing laboratory and eye tracking research

Nair Daiane de Souza

Sauaia Vansiler¹

orcid.org/0000-0003-4947-738X

nairsauaia@gmail.com

Francine Baranoski

Pereira²

orcid.org/0000-0002-8747-7244

francine.baranoski@hotmail.com

Ângela Inês Klein³

orcid.org/0000-0001-6230-7938

angela.ines.klein@hotmail.com

Recebido em: 15/8/2020.

Aprovado em: 15/9/2020.

Publicado em: 10/08/2021.

Resumo: Pesquisas utilizando o rastreamento ocular vêm ganhando o cenário brasileiro em diferentes áreas do conhecimento motivadas pelo interesse em compreender o processamento cognitivo através dos movimentos oculares. Neste estudo, são apresentadas pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Processamento Visual (LabPV) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *campus* Ponta Grossa – nas diversas áreas do conhecimento que utilizam o rastreamento ocular como metodologia de pesquisa. São três pesquisas de doutorado, quatro pesquisas de mestrado e também quatro de iniciação científica, cujos resumos serão apresentados neste texto. Além disso, este artigo pretende divulgar o LabPV, descrevendo a sua constituição, suas características físicas, além de exemplificar algumas ferramentas de visualização de dados tratados por meio de dados de pesquisas sobre movimentos oculares lá realizadas.

Palavras-chave: Rastreamento ocular. Movimentos oculares. Metodologia de pesquisa. Leitura. Cognição.

Abstract: Research using eye tracking has gained the Brazilian scenario in different areas of knowledge motivated by the interest in understanding cognitive processing through eye movements. This study presents research developed at the Visual Processing Laboratory (LabPV) of the Federal Technological University of Paraná – Ponta Grossa *Campus* – in various areas of knowledge that use eye tracking as a research methodology. There are three PhD researches, four Master researches and also four Scientific Initiation researches, whose summaries will be presented in this text. In addition, this article intends to disclose the LabPV, describing its constitution, its physical characteristics, as well as to exemplify some data visualization tools treated through eye movements research data that were performed there.

Keywords: Eye tracking. Eye movements. Research methodology. Reading. Cognition.

Introdução

O uso do rastreamento ocular é recente no âmbito brasileiro. Essa técnica permite a investigação em distintas áreas e tem sido utilizada na educação, *marketing*, aviação, automobilística, entre outras (WATANABE, 2013), e com diferentes proposições de investigação.

Este artigo pretende apresentar as pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Processamento Visual (LabPV) da UTFPR-PG, utilizando o rastreamento ocular como metodologia de pesquisa nas diversas áreas do conhecimento, bem como apresentar esse instrumento de pesquisa e suas ferramentas para análise de dados.



Artigo está licenciado sob forma de uma licença
[Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA, Brasil.

² Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, PR, Brasil.

³ Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil.

Assim, objetiva-se apresentar e divulgar as pesquisas desenvolvidas e levar ao conhecimento a utilização desse instrumento para que o leitor se inteire das discussões relacionadas ao uso do rastreador ocular.

O artigo está dividido em seções e subseções, sendo a primeira seção intitulada: "A história do Laboratório de Processamento Visual (LabPV)", na qual apresentamos brevemente a constituição do laboratório; a subseção intitulada: "O Laboratório de Processamento Visual" preocupa-se em descrever as características físicas do laboratório. Na seção intitulada "A metodologia do rastreamento ocular", encontra-se a descrição dos movimentos oculares, que pautam essa técnica de coleta de dados. Na seção que segue, "Pesquisas realizadas e parcerias", há um resumo das pesquisas desenvolvidas e em desenvolvimento de doutorado, mestrado e iniciação científica no laboratório. A seção "Ferramentas para visualização de dados tratados e seus usos nas pesquisas" expõe e descreve as ferramentas do rastreador ocular. Nas subseções seguintes "Caminho de varredura", "Mapas de calor", "Mapas de opacidade", "Áreas de interesse", "Gráfico de curvatura" estão descritos os recursos gráficos do rastreador.

1 A história do Laboratório de Processamento Visual (LabPV)

O nome do laboratório foi inspirado no título do grupo de pesquisa – Processamento Visual – fundado em 2014, formado por professores de várias áreas de pesquisa, como Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica, Física, Matemática, Ciências da Computação, Ensino, Educação e Linguística. Os pesquisadores interdisciplinares se reuniam mensalmente para estudar a metodologia de rastreamento ocular, bem como pretendiam reunir meios para montar um laboratório que estivesse equipado com um rastreador ocular. Em 2015, através do Edital Pró-Equipamentos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio de esforços de professores de

vários *campi* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná,² foi possível comprar um rastreador ocular e iniciar a coleta de dados.

Juntamente com o começo da coleta de dados, também vieram as primeiras dúvidas e inquietações quanto à fidedignidade dos dados e à análise desses. Foi com o apoio metodológico a distância e *in loco* de colegas da Universidade de Potsdam, na Alemanha, mais especificamente do Dr. Ralf Engbert e do Dr. André Krügel, do *Eye Lab*, que a pesquisa teve continuidade.

Depois disso, entraram em contato os primeiros alunos interessados em realizar suas pesquisas de iniciação científica, estágios, pesquisas de mestrado e de doutorado. E não demorou para surgirem alunos de outras universidades, de outros estados e de fora do país, como será descrito mais adiante na seção que trata de pesquisas realizadas.

Com o passar do tempo, as pesquisas acabaram se agrupando em algumas áreas: os trabalhos de iniciação científica concentraram-se em Ciências da Computação; estágios nessa área e, também, na Psicologia; mestrados na área do Ensino e da Engenharia Biomédica; e doutorados, tanto na área do Ensino, quanto na da Linguística. Por consequência, o grupo de pesquisa que originou o LabPV desfez-se e se intensificaram os trabalhos do Grupo de Pesquisa Linguagem, Ensino e Cognição, com a dedicação especial dos pesquisadores doutores Ângela Inês Klein, Romeu Miqueias Szmosky e Siumara Aparecida de Lima.

No segundo semestre de 2019, com a mudança de instituição da coordenadora do LabPV – Dra. Ângela Inês Klein, o professor Dr. Romeu Szmosky assumiu a liderança e tem garantido a continuidade das pesquisas com o enfoque na metodologia de rastreamento ocular no LabPV.

1.2 O Laboratório de Processamento Visual

O LabPV conta com uma sala de estudos e reuniões composta por mesas, cadeiras, computadores e *datashow*, assim como uma sala extra que é utilizada para conversa ou realização de pré e pós-testes; a sala para a coleta de dados no rastreador conta com paredes de isolamento

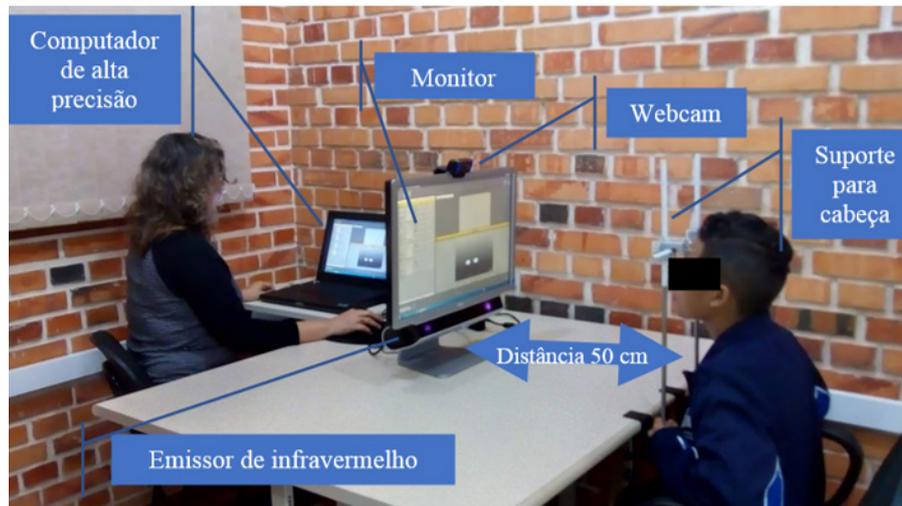
² Um agradecimento especial aos professores Dr. Humberto Gamba e Dr. Gustavo Borba da UTFPR-CT.

acústico, um computador de alta precisão Dell Precision M4800, o qual está constituído pelo *hardware* alemão de captação de reflexo do olho por infravermelho, SMI RED 500 de 22". Fazem parte desse equipamento os seguintes *softwares*:³ *iView* para captação dos movimentos oculares;

Experiment Center para criação dos estímulos; e *BeGaze*, para a tabulação e gerenciamento de relatórios do banco de dados.

A Figura 1 apresenta a sala do LabPV em que está instalado o rastreador ocular.

Figura 1 – Sala para a coleta de dados dos movimentos oculares



Fonte: Vansiler (em andamento).

Além dos dados dos movimentos oculares, são registrados dois outros tipos de dados por meio de uma *webcam* acoplada ao rastreador: um deles é o vídeo com gestos e ações dos participantes das pesquisas. Esses eventos podem ser acessados quando se tem dúvidas sobre possíveis falhas encontradas durante o registro dos movimentos oculares, ou esses eventos também podem ser interessantes para pesquisas de gestos na área da Sociolinguística; o outro tipo de dado é o do registro de áudio para pesquisas que necessitam desse tipo de material para análise, por exemplo, com leitura em voz alta. No caso de pesquisas que envolvam prosódia de leitura, o arquivo gerado pela *Webcam* é transformado para *wav*, o que possibilita sua análise instrumentalmente no *software Praat* (BOERSMA; WEENINK, 2002).

Para maior fidedignidade dos dados, foi criado um suporte de testa no LabPV, a fim de diminuir os movimentos repentinos e bruscos dos participantes. Além disso, a mesa sob a qual está o rastreador possui regulagem de altura, ajustando-se

à altura do participante. Quando há crianças em frente ao computador, está à disposição também uma escora para os pés, aumentando o conforto para os participantes.

2 A metodologia de rastreamento ocular

As pesquisas em leitura da linguagem verbal e não verbal são vastas e os instrumentos de pesquisa escolhidos são diversos, pois, segundo Leffa (1996, p. 66), "o maior problema na pesquisa da leitura é a dificuldade de acesso aos processos mentais internos que caracterizam a compreensão do texto". Assim, em um teste de leitura silenciosa, por exemplo, as manifestações externas do indivíduo pesquisado sugerem indicações de compreensão leitora ao pesquisador. Outras manifestações, como o movimento dos olhos e a fala, também têm sido utilizadas e observadas para análise das pesquisas em leitura.

O rastreamento ocular permite:

³ Disponível em: <http://twiki.cis.rit.edu/twiki/pub/MVRL/SmiTracker/begaze2.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.

medir e registrar os movimentos oculares de um indivíduo perante a amostragem de um estímulo em ambiente real [...] determinando, [...] em que áreas fixam a sua atenção (volume de fixações visuais), por quanto tempo e que ordem seguem. (BARRETO, 2012, p. 168-169)

Verifica, ainda, o comportamento visual corrente, através de dados fidedignos coletados no exato momento em que ocorre a leitura.

Durante a leitura, o movimento dos olhos configura-se em uma sucessão de pausas, nomeadas de fixações, e saltos, chamados de sacadas progressivas e regressivas. De acordo com Leffa (1996, p. 67), "os olhos não deslizam em movimento uniforme sobre o texto, mas avançam pulando de um ponto a outro". Assim, a leitura é uma série de sacadas progressivas em um espaço de sete a nove letras e fixações de duração média entre 200 e 250 milissegundos. As palavras maiores podem ser fixadas mais de uma vez e, as menores, com duas a três letras, são em geral omitidas (RAYNER, 1998).

O tamanho da palavra determina o local da primeira fixação, bem como o número de fixações dentro da palavra. As palavras de alta frequência, as mais familiares aos leitores, são as que tem maior previsibilidade contextual, o que acarreta diminuição no número e na duração das fixações (RAYNER, 1998).

As sacadas regressivas ocorrem quando se deseja inspecionar novamente uma palavra; elas têm incidência de 10% a 15% de vezes durante a leitura, e leitores proficientes realizam menos sacadas regressivas e ajustam a amplitude da sacada de acordo com o tamanho da palavra, aumentando a velocidade da leitura; já os leitores menos proficientes realizam mais sacadas regressivas e têm dificuldade de ajuste da sacada ao tamanho da palavra com mais de cinco letras (MURRAY; KENNEDY, 1998).

De acordo com Leffa (1996, p. 68), "a premissa dos pioneiros da pesquisa em leitura de que o movimento dos olhos reflete os processos mentais da compreensão permanece incontestada até hoje". Isso se justifica porque a análise dos movimentos oculares se baseia na hipótese "*strong eye mind*", que postula que o pensamento atual na cognição do indivíduo é indicado pela visualização (CAR-

PENTER, 1988), o que assinala que o registro dos movimentos dos olhos mostra um traço ativo de atenção visual do indivíduo em uma área específica.

As pesquisas realizadas com o rastreamento ocular geram resultados para rever e ampliar os estágios de processamento de leitura, modelos de processamento cognitivo de reconhecimento de palavras, peculiaridades de um dado texto (anáforas, ambiguidades, entre outros) e aspectos de compreensão leitora (LEFFA, 1996), contemplando, também, uma análise precisa do processamento cognitivo através dos estudos das sacadas e das fixações.

3 Pesquisas realizadas e parcerias

Apresentaremos, nesta seção, algumas das pesquisas desenvolvidas no LabPV desde a sua criação, até o final do ano de 2019. Elas serão expostas de acordo com os níveis de graduação, mestrado e doutorado, seguindo uma ordem cronológica crescente.

3.1 Doutorado

a) a pesquisa intitulada "Desempenho em cálculo nos cursos de engenharia: um estudo por meio da análise dos movimentos oculares", defendida pela Profa. Dra. Maria Marilei Soistak Christo, sob orientação do Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende e coorientação da Profa. Dra. Ângela Inês Klein, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia da UTFPR-PG, teve como problema de investigação: qual o nível de correlação entre o desempenho nas disciplinas de CDI I e CDI II com os movimentos oculares dos alunos de Engenharia ao resolver problemas matemáticos? A pesquisa mostrou que há reprovação em todos os níveis educacionais, inclusive no Ensino Superior e, especialmente, em determinadas disciplinas, o que demonstra um grande desafio às instituições no sentido de identificar possíveis diferenças entre os alunos que vão bem ou não. No âmbito da UTFPR, 47% dos cursos de graduação ofertados em 2018 são cursos de Engenharia (52 cursos de 110). Ao analisar os dados disponíveis no sistema acadêmico, os maiores índices de reprovação encontram-se

em disciplinas voltadas à área de Exatas como Cálculo, Física, Geometria Analítica e Álgebra Linear. Essas percepções levam à reflexão sobre o que ocorre durante o processo ensino aprendizagem da área de Exatas e repensar por que há alunos que aprendem e outros não. Objetivou-se diferenciar o comportamento ocular de alunos de Engenharia durante a resolução de problemas matemáticos, considerando os escores no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e nas disciplinas de CDI I e CDI II. Essa pesquisa recebeu o auxílio de vários alunos da graduação e também de estagiários, um deles da Psicologia Cognitiva da Universidade de Potsdam, na Alemanha;

b) a pesquisa "Prosódia de leitura e movimentos oculares: o processamento dos Marcadores Prosódicos Gráficos na leitura em voz alta de alunos do 5.º ano do Ensino Fundamental", desenvolvida por Nair Daiane de Souza Sauaia Vansiler, sob orientação da Profa. Dra. Regina Cruz e coorientação da Profa. Dra. Ângela Inês Klein, está vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Letras da Universidade Federal do Pará. A pesquisadora foi contemplada com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) modalidade SWP para ser realizada no LabPV. Tem como objetivo examinar o processamento da leitura oral no Português Brasileiro (PB), levando em consideração os Marcadores Prosódicos Gráficos – MPGs (PACHECO, 2003) em leitura em voz alta: Vírgula (VG), Ponto (PT) e Dois-Pontos (DP) de acordo com o sistema entoacional do PB definido por Cagliari (1981), o qual apresenta padrões tonais delimitados por um Grupo Tonal (GT) constituído por uma Sílabas Tônica Saliente (TT), Componente Tônico (CT) e Componente Pretônico (CPT). A metodologia utilizada concilia análise acústica e cognitiva. Para a análise acústica, foi gravada a produção oral realizada durante a leitura de 58 estudantes do 5.º ano da rede municipal da cidade de Ponta Grossa (PR), todos com intervalo de idade entre 9 e 12 anos, classificados em torno da variável Fluência Leitora, com o total de 29 alunos no Grupo Fluente (FL) e 32 no Grupo Pouco Fluente (PF). Ao todo, foram analisados 928 dados (58 alunos vs. 16 frases-alvo). Foram

controladas variáveis para tomada das medidas dos contornos entoacionais: intensidade (em dB) e frequência fundamental (f_0) (em Hz) do CPT e CT; duração (em ms) da TT; e pausa (em ms). Para a análise cognitiva, empregou-se a Técnica do Rastreador Ocular para tomadas de medidas dos movimentos oculares dos 58 participantes. As variáveis oculares controladas foram: Tempo Total de Leitura (TTL); Número de Fixações (NF); Número de Sacadas (NS); e Média do Tempo de Fixações (MTF). Para a relação entre dados oculares e acústicos, aplicaram-se testes combinando as variáveis estatísticas e os estímulos: Teste 1 (a quantidade de fixações e duração da pausa interna); Teste 2 (a quantidade de revisitas e duração da pausa interna); Teste 3 (a quantidade de fixações e duração da pausa final); e Teste 4 (a quantidade de revisitas e duração da pausa final). Os dados foram compostos por três estímulos, correspondentes à leitura de três tipos de textos diferentes: Texto 1, complexo com os marcadores DP (2 frases-alvo), VG (3 frases-alvo) e PT (3 frases-alvo); Texto 2, simples com os marcadores VG (3 frases-alvo) e PT (1 frase-alvo); e texto 3, simples sem pontuação, contendo 4 frases-alvo: a) 3 frases-alvo com valor de VG; e b) 1 frase-alvo com valor de PT. Os resultados preliminares da análise de correlação indicam, de maneira geral, que há uma forte correlação entre fixação, revisitas e a duração da pausa no processamento dos sinais de pontuação durante a leitura oralizada;

c) a pesquisa intitulada: "Relação entre a compreensão leitora oral e escrita de texto expositivo, narrativo e de problemas matemáticos através dos movimentos oculares", desenvolvida por Francine Baranoski Pereira, sob orientação da Profa. Dra. Ana Lúcia Pereira e co-orientação da Profa. Dra. Ângela Inês Klein, está vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual de Ponta Grossa, com bolsa da Capes. A pesquisa pretende investigar a relação entre a compreensão leitora oral e escrita de textos expositivo, narrativo e de problemas matemáticos com gráficos e tabelas dos estudantes do 5.º ano do Ensino Fundamental I de duas escolas municipais de Ponta Grossa/PR,

através da análise de testes de compreensão oral e escrito e dos movimentos oculares, em especial, do número e duração das fixações de áreas de interesse consideradas determinantes para a compreensão leitora dos diferentes gêneros textuais, além da análise do tempo de leitura. A investigação foi feita com 60 estudantes no LabPV, através de três experimentos, sendo o primeiro um teste validado de compreensão leitora oral de texto expositivo; o segundo, a compreensão leitora escrita (*cloze*) de texto narrativo; e o terceiro, leitura, compreensão e resolução mental de 7 problemas matemáticos com gráficos e tabelas no rastreador ocular RED 500. Resultados preliminares apontam que os alunos com melhor rendimento (notas) em Língua Portuguesa tiveram melhor aproveitamento em todos os testes de compreensão leitora e melhores resultados em Matemática, realizando menor número e duração de fixações nas áreas de interesse e necessitando de menos tempo de leitura para a resolução.

3.2. Mestrado

a) A pesquisa vinculada ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Biomédica, intitulada "Viés atencional para expressões faciais em indivíduos deprimidos e não deprimidos: evidências de rastreador ocular" desenvolvida por Germano Rosa Figueiredo, sob orientação da Profa. Dra. Leandra Ulbricht (UTFPR-CT) e coorientação do Prof. Dr. Wagner L. Ripka (UTFPR-CT) teve como objetivo medir o viés de atenção para faces em indivíduos deprimidos e não deprimidos. O experimento foi baseado em uma tarefa de visualização livre de pares de faces, incluindo 4 tipos de expressões: neutra, triste, feliz e raiva. Todos os participantes responderam ao Inventário de Depressão de Beck (BDI-II) para avaliar a severidade dos sintomas depressivos. Os índices de atenção foram calculados pelos itens: tempo total para eventos oculares, duração total da fixação, razão de fixação total e eventos oculares e duração da fixação em cada face. No experimento inicial, com amostragem de 31 participantes, os resultados demonstraram que os indivíduos com sintomas depressivos severos tendem a olhar menos para a área de interesse. A

análise dos dados demonstrou a possibilidade de usar essa tecnologia na detecção de padrões de movimentos oculares relacionados à psicopatologia. Foi importante notar que, durante a coleta de dados, parte dos eventos oculares deixaram de ser captados (*frames*) pelo rastreador ocular, o que deverá ser investigado em estudos futuros. Em um segundo experimento, com amostragem de 69 indivíduos, os resultados demonstraram que indivíduos deprimidos apresentam uma diferença significativa ($p = 0,005$) no tempo total de eventos oculares ($302,4 \pm 41,2$) em relação aos não deprimidos ($331,5 \pm 39,3$) e que esses indivíduos possuem tendência em desviar olhares de estímulos emocionais. O estudo demonstrou que o uso de rastreamento ocular é uma ferramenta valiosa para avaliar o viés atencional e uma tecnologia importante que pode ser utilizada para o aprimoramento das técnicas de diagnóstico em saúde mental;

b) a dissertação de Thais Angélica Castanho, intitulada: "A Metodologia *Eye Tracking* na Avaliação do Uso do Recurso Pedagógico de Pictogramas na Comunicação Alternativa para Alunos com TEA", integrante do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da UTFPR-PG e orientada pela Profa. Dra. Eloíza Ávila de Matos, objetivou analisar as contribuições dos pictogramas para o processo de comunicação alternativa e de aprendizagem de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) de quatro e cinco anos, através do processamento ocular. O experimento foi programado com os pictogramas do Portal Aragonês de Comunicação Alternativa (ARASAAC). Os principais resultados apontaram que não houve diferença em relação ao número de fixações nos pictogramas de expressões e de comportamento social, e quanto maior a região do pictograma, maior número de revisitas ocorreram. Quanto ao número de fixações, houve maior número em figuras de objetos familiares. Pictogramas que representavam subjetividades tiveram poucas visitas, ressaltando uma característica do TEA que não há entendimento em primeira pessoa. Foram constatados maior número de sacadas regressivas do que progressivas nos pictogramas apresentados em uma sequência de escrita;

c) a pesquisa vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia da UTFPR-PG, intitulada "O processamento cognitivo do palavrão" desenvolvida pela mestranda Kiminay de Oliveira, sob orientação da Profa. Dra. Ângela Inês Klein e coorientação do Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmosky, tem como objetivo estudar e analisar o tempo de processamento do palavrão através da análise dos movimentos oculares e, com isso, propor uma diretriz para auxiliar na construção de significados desse em contexto educacional. Nesse sentido, serão feitas considerações sobre o processamento cognitivo do palavrão, estabelecendo relações com a Teoria da Relevância de Sperber e Wilson (1986) e Movimentos Oculares discutidas por Rayner (1998). Acredita-se que os resultados dessa pesquisa, futuramente, serão úteis para contribuir em um novo olhar para o aluno na sala de aula acerca do palavrão;

d) a pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia da UTFPR-PG, intitulada "Compreensão leitora no processo da resolução de problemas matemáticos no Ensino Fundamental I", desenvolvida pelas mestrandas Angela Maria Santana e Sanny Carla Duarte, sob orientação da Profa. Dra. Ângela Inês Klein e coorientação da Profa. Dra. Siumara Aparecida de Lima, tem como objetivo promover a compreensão leitora, envolvendo problemas matemáticos no 5.º ano. A proposta aqui exposta é um recorte de pesquisa de intervenção e de mediação em uma turma de 5.º ano que passou pela avaliação da Prova Brasil em 2017. Como possíveis resultados, espera-se dar subsídios aos professores para que eles possam aprimorar a compreensão leitora, o desenvolvimento do raciocínio, da estimativa e o cálculo mental, buscando desenvolver a compreensão linguística, através da valorização da linguagem e da expressão oral dos alunos na área da Matemática.

3.3 Iniciação Científica (IC)

Todas as pesquisas de IC foram realizadas por estudantes do curso de bacharelado de Ciências da Computação da UTFPR-PG e foram orientados pela Profa. Dra. Ângela Inês Klein. São elas:

a) o estudo de Diego Gonzales D'Almeida, cujo título é: "A compreensão em leitura de jovens acadêmicos: uma análise dos movimentos oculares", preocupou-se em verificar quais movimentos oculares caracterizam um leitor proficiente. Os resultados indicaram que os voluntários possuíam diferentes hábitos de leitura, com mais frequência em leitura ou menos. Pôde-se observar discrepâncias no tempo de leitura, no número de fixações, nas sacadas e nas regressões entre os leitores;

b) o estudante Eduardo Carvalho Nunes pesquisou a "Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem Colaborativa com Uso do *Eye Tracking* e SUS – *System Usability Scale*". A pergunta que permeou a pesquisa foi: como os sinais oculares provenientes da medição do *eye tracking*, mais especificamente as fixações do olhar, podem ser utilizados em testes de usabilidade para identificar a satisfação do usuário durante a interação com a interface? Resultados demonstraram que quanto maior o número de fixações, mais negativos eram os resultados obtidos no questionário SUS; além disso, concluiu-se que resultados do *eye tracking* são muitos importantes, evitando problemas como falhas de interpretação e tendenciosidade ao responder o questionário;

c) a pesquisa intitulada "Compreensão de poesias de diferentes escolas literárias: uma análise através dos movimentos oculares", desenvolvida por Rafael Felipe Tasaka de Melo, teve como objetivo analisar, a partir dos movimentos oculares, o entendimento do aluno do Ensino Superior de poesias e avaliar se seu entendimento vai além do superficial e entra em um nível mais profundo. Para tal avaliação, foram utilizadas quatro poesias de diversas classes literárias. Como resultado, todos os voluntários tiveram movimentos de leitura idênticos em todas as poesias, porém somente um obteve um entendimento além do superficial. Assim, dentre os sete alunos voluntários da área de Exatas e cursando Ensino Superior, a maioria ainda não possui um alto nível de proficiência e, também, sua leitura é mais objetiva e direta;

d) o estudante Thales Galvão de Almeida Leme de Meira realizou uma pesquisa sobre "Leitura de letras trocadas: uma análise através dos mo-

vimentos oculares". Popularmente, diz-se que leitores proficientes são capazes de ler sentenças, mesmo que a ordem das letras esteja trocada, basta somente manter a primeira e a última sílaba de cada palavra. O aluno desenvolveu a pesquisa, tentando resolver o seguinte problema: será que há maior esforço cognitivo na leitura de textos com letras trocados, se comparado a textos com escrita padrão? Existem várias pesquisas voltadas na área de leitura e cognição de textos com essa natureza, principalmente muitos artigos já publicados em Cambridge e no Reino Unido, porém não há nenhuma reconstrução desse estudo voltado ao idioma português do Brasil, não permitindo correlacionar o tempo médio de fixações, sacadas, número destas e tempo médio de leitura de diferentes idiomas, o que valoriza a proposta. Embora o projeto de pesquisa tenha acabado, as análises ainda não foram concluídas, não se tendo, portanto, resultados.

4 Ferramentas para visualização de dados tratados e seus usos nas pesquisas

Como informado na segunda seção, o rastreador ocular RED 500 está equipado com três *softwares*. Um deles é o *BeGaze*, que é usado para a tabulação e o gerenciamento dos dados. Esse *software* está constituído de diversas ferramentas de visualização

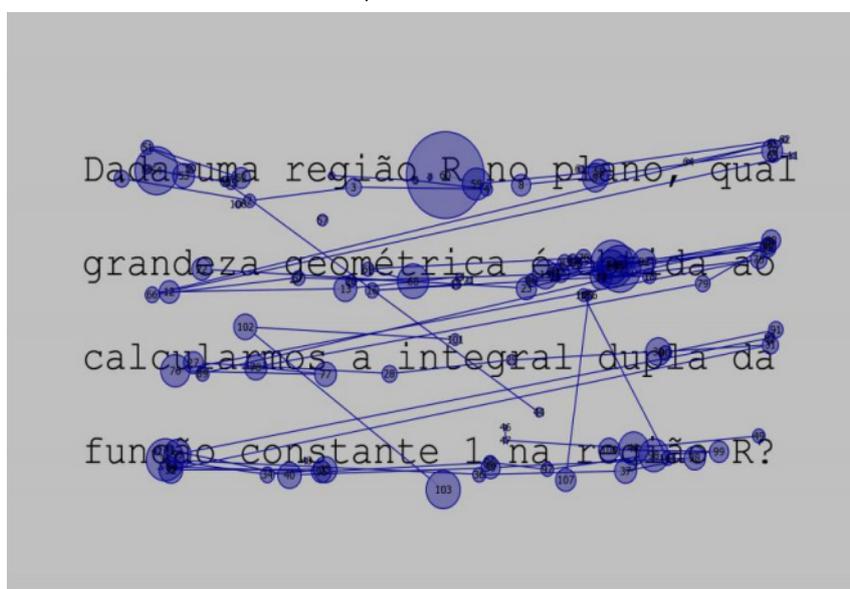
de dados oculares sob o viés qualitativo, denominadas de *smart visualizations* pelo fabricante SMI, pois possibilitam as primeiras impressões de dados ao pesquisador, podendo servir como ponto de partida para análises mais aprofundadas e estatísticas. Nesta seção, apresentaremos essas ferramentas, utilizando-nos de alguns exemplos de experimentos realizados no LabPV para explicitá-las.

4.1 Caminho de Varredura (*Scan Path*)

Caminho de varredura possibilita ao pesquisador a visualização dos eventos oculares do participante, ou seja, o traçado do olhar de uma imagem ou de um vídeo de estímulo através de um gráfico em 2D. Ao selecionar o traçado de fixações e sacadas, o gráfico exibe a fixação por meio de um ponto no centro de um círculo, e as sacadas são apresentadas com traçados ligando esses pontos.

A Figura 2 mostra o caminho de varredura de alunos participantes da pesquisa de doutorado (CHRISTO, 2019) intitulada "Análise de movimentos oculares em questões de cálculo: um estudo desenvolvido com alunos de cursos de engenharia". No caminho de varredura, as sacadas são vistas como linhas contínuas, enquanto as fixações são representadas por círculos de diferentes diâmetros. Quanto maior o diâmetro, mais longa a fixação em uma determinada área.

Figura 2 – Caminho de varredura na leitura de problemas matemáticos



Fonte: Christo (2019, p. 163).

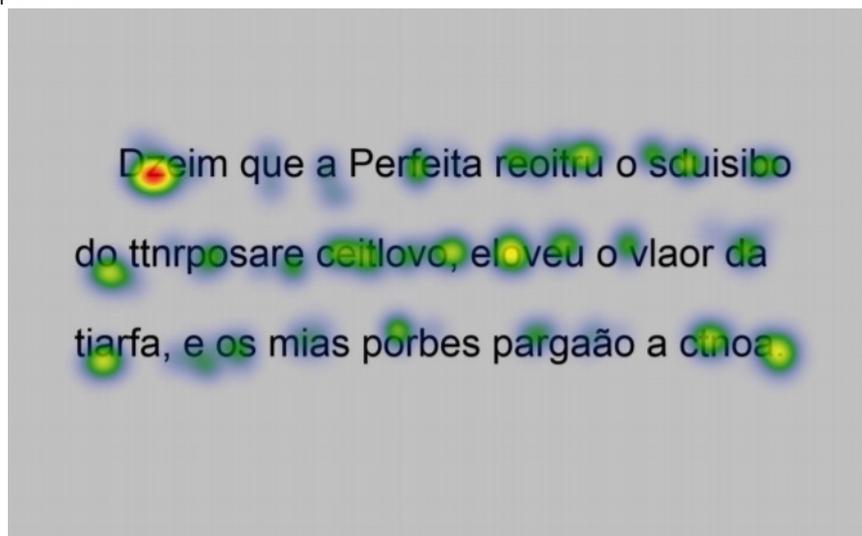
A Figura 2 mostra círculos maiores sob determinadas áreas, o que indica a duração de tempo sobre essa área. Explica a autora, o "R", por exemplo, recebeu uma fixação bem mais longa que as demais palavras. Os centros dos círculos representam as posições das fixações e as linhas representam sacadas. Os números nos círculos marcam a ordem numérica das fixações, ou seja, a primeira fixação foi na palavra "Dada" e o texto teve, no total, 109 fixações. É possível gravar um vídeo do traçado do olhar de cada participante, com fixações e sacadas realizadas.

4.2 Mapa de calor (*Heat Map*)

O *Heat Map* é uma representação gráfica por meio de uma escala de cores para destacar áreas mais visualizadas pelo participante. Cada fixação feita acrescenta um valor ao mapa que é proporcional à sua duração. Os valores são representados por cores, sendo as áreas com a cor vermelha aquelas que foram mais visualizadas pelo participante, ou seja, que receberam mais atenção, seguido pelas cores amarela, verde e azul que representam menos pontos de atenção.

A Figura 3 mostra a ferramenta de análise, na pesquisa de iniciação científica de Meira (2017), intitulada: "Leitura de letras trocadas: uma análise através dos movimentos oculares". A pesquisa contou com 20 acadêmicos da UTFPR-PG.

Figura 3 – Mapa de calor



Fonte: Meira (2017, p. 4).

Nota-se que a primeira palavra, mais especificamente a segunda letra, recebeu mais fixações, pois a cor vermelha está evidente. Uma inferência possível por parte do pesquisador é que o participante estranhou as letras embaralhadas e, após ter consciência disso, progrediu com a leitura normalmente, fazendo menos fixações, representadas pelas cores verde e azul.

De modo geral, a localização da fixação reflete a atenção visual e a duração da fixação denota dificuldade de processamento. Para exemplificar, diante de um problema a ser solucionado, a duração da fixação pode representar concentração na tarefa; já

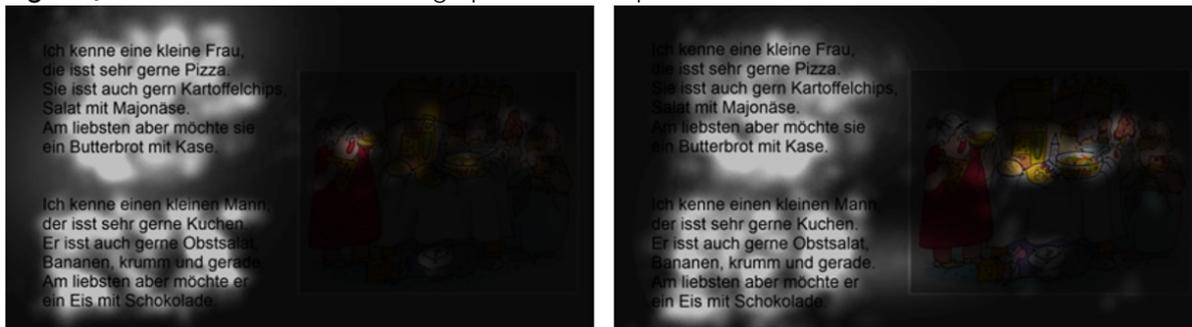
na busca de uma informação, essa pode representar dificuldade (GIANNOTTO, 2009). Na pesquisa de Meira (2017), a segunda letra "Dzeim" recebeu mais atenção que o restante do texto e, provavelmente, a palavra foi difícil de ser compreendida.

A Figura 3 mostra achados que corroboram com pesquisas internacionais, as quais afirmam que a compreensão da palavra não é realizada letra a letra, mas como um todo, sendo importante para a compreensão que a primeira e a última letra estejam na posição correta, podendo as demais letras estarem embaralhadas (CHRISTIANSON; JOHNSON; RAYNER, 2005).

4.3 Mapas de opacidade

O mapa de opacidade, também conhecido como mapa de calor invertido, é outra ferramenta de análise qualitativa, que também utiliza cores, porém em escalas de cinza, com base no número e na duração das fixações sob determinadas áreas.

Figura 4 – Quantidade de eventos do grupo A1 e A2, respectivamente



Fonte: Vansiler e Klein (2020, p. 82).

A partir da análise do mapa de opacidade, percebe-se que as fixações ocorrem na extensão da linha escrita durante a leitura do grupo A1. Podemos, inclusive, ler o texto quase que por completo pelas partes clareadas do mapa. Já o grupo A2 apresenta fixações concentradas na parte central das linhas. Diferentemente do que observamos no mapa de opacidade do grupo A1, no mapa correspondente ao grupo A2 já não conseguimos ler as palavras da extremidade das linhas.

Outro dado que os mapas de opacidade nos oferecem é em relação à Figura 4 inserida no experimento. Os alunos do grupo A2 visualizaram-na mais do que os alunos do A1, conforme Figura 4, ou seja, aqueles alunos que têm um conhecimento intermediário de Língua Alemã confirmaram a sua compreensão do texto, observando a ilustração à direita do texto, diferentemente dos alunos iniciantes, que fizeram poucas e breves fixações na parte em que está a imagem. Segundo Schnotz (2014), uma leitura bem-sucedida de textos ilustrados requer um processo de integração entre palavra e imagem. Acreditamos que somente

A Figura 4 é um mapa de opacidade e foi utilizada como análise para diferenciação entre grupos de compreensão leitora em Alemão como Língua Estrangeira, a saber, grupo iniciantes A1, tendo 60 horas-aula de curso de Alemão, e intermediários A2, com 250 horas-aula de Alemão.

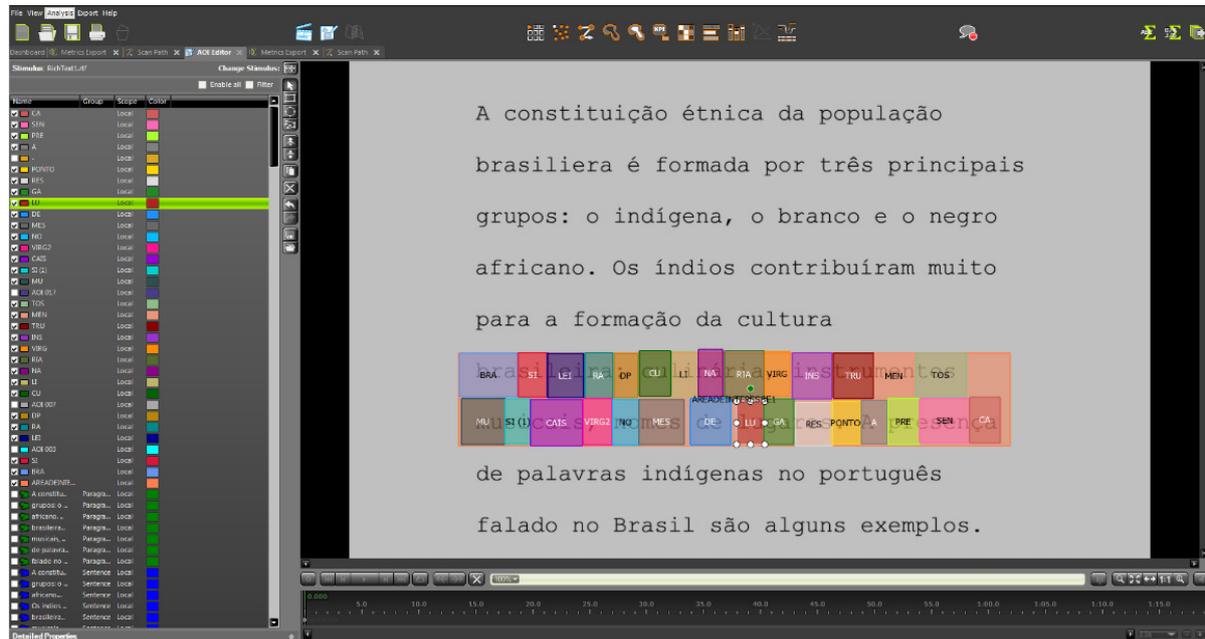
alunos, que apresentem certo domínio da língua estrangeira, tenham a capacidade cognitiva de realizar essa integração; os alunos iniciantes ainda estão ocupados, cognitivamente falando, em decodificar as palavras, o que faz com que tendam a prestar pouca atenção às ilustrações que acompanham textos, algo comum entre os alunos (HANNUS; HYÖNÄ, 1999).

4.4 Área de interesse (AOI – Area of Interest)

As AOIs representam áreas dentro do estímulo que são determinadas segundo objetivos do pesquisador que utiliza a metodologia *Eye-Tracking* (BOJKO, 2013). Uma das primeiras tarefas do pesquisador que utiliza essa metodologia é a escolha das áreas de interesse que variam entre pesquisadores e pesquisas, porque são compatíveis com os objetivos da pesquisa e norteiam o que se quer analisar estatisticamente após a coleta de dados.

Na Figura 5, observamos a seleção de uma AOI conforme o interesse da pesquisa de doutorado de Vansiler (em andamento), a qual analisa o processamento da leitura oral dos sinais de pontuação.

Figura 5 – Seleção de uma AOI



Fonte: Vansiler (em andamento).

Na Figura 5, vê-se que a pesquisadora selecionou AOIs que apresentam sinais de pontuação, que são focos do estudo. A análise desses dados será apresentada na subseção seguinte.

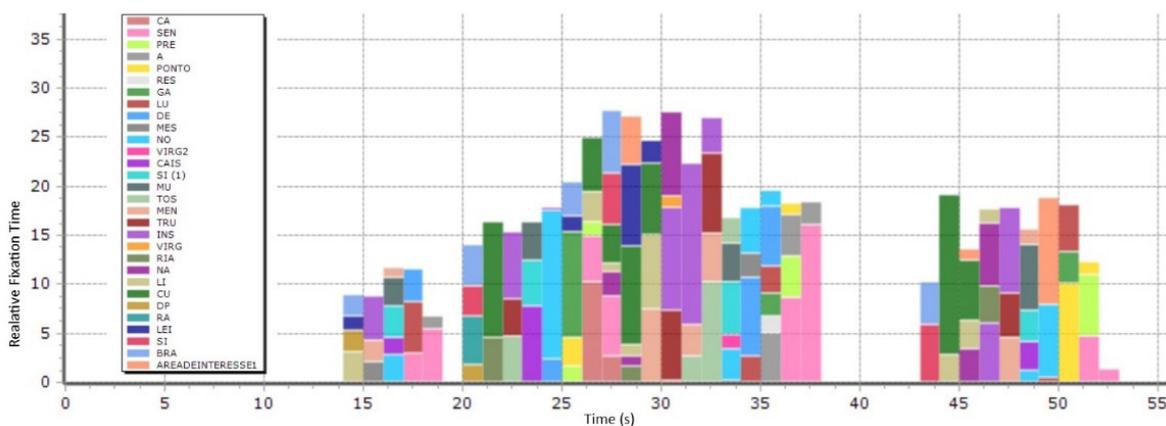
4.5 Gráfico de curvatura (Binning Chart)

Este tipo de ferramenta mostra as porcentagens de tempo de permanência em cada AOI ao longo do tempo. As porcentagens para todas as AOIs são empilhadas em cada posição. Pode-se ter informações sobre como a atenção muda ao longo do tempo para as áreas selecionadas.

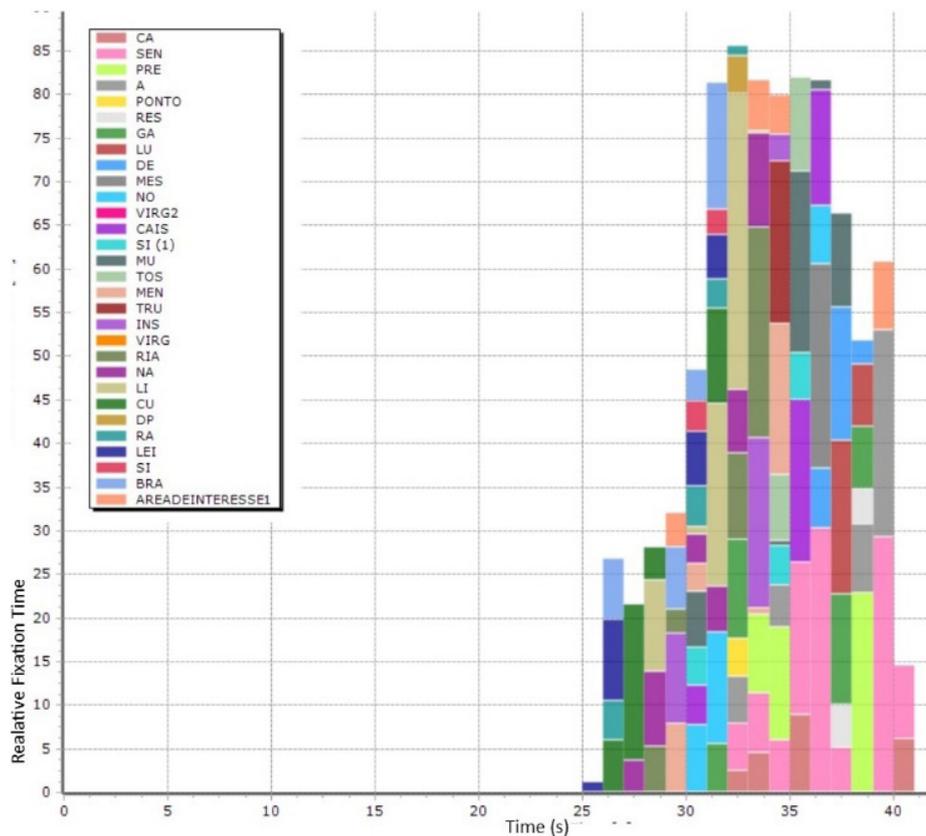
As porcentagens de acerto da AOI são apresentadas usando cores diferentes; o gráfico apresenta automaticamente uma legenda abaixo do gráfico demonstrando a relação entre cor e AOI. No exemplo a seguir, temos um gráfico de curvatura que demonstra a comparação entre os grupos Pouco Fluente (PF) e Fluente (FL), no processamento da leitura de uma AOI com a presença do sinal de pontuação.

As imagens de 6 a 11 mostram a comparação dos gráficos de curvatura entre dois grupos distintos de fluência em leitura: PF e FL, em três situações considerando a complexidade do texto. Essa complexidade foi separada por estímulos. O estímulo 1 apresenta leitura de um texto escolar com nível linguístico elevado, de acordo com as normas ortográficas da língua portuguesa escrita; o estímulo 2 apresenta leitura de um texto de conteúdo semântico acessível ao nível dos alunos, também pontuado de acordo com as normas da língua portuguesa escrita; e estímulo 3 apresenta leitura de um texto de fácil acesso ao conteúdo semântico para o nível dos alunos, mas transcrito sem nenhum sinal de pontuação.

Nas Figuras 6 e 7, correspondente aos resultados do estímulo 1, percebe-se que o grupo PF apresenta um pico maior na faixa de tempo de fixação em comparação ao grupo FL, o que demonstra que o primeiro grupo necessitou de mais tempo para processar a área de interesse.

Figura 6 – Tempo relativo de fixação e tempo de processamento por sílaba do estímulo 1 em FL

Fonte: Vansiler (2019, p. 137).

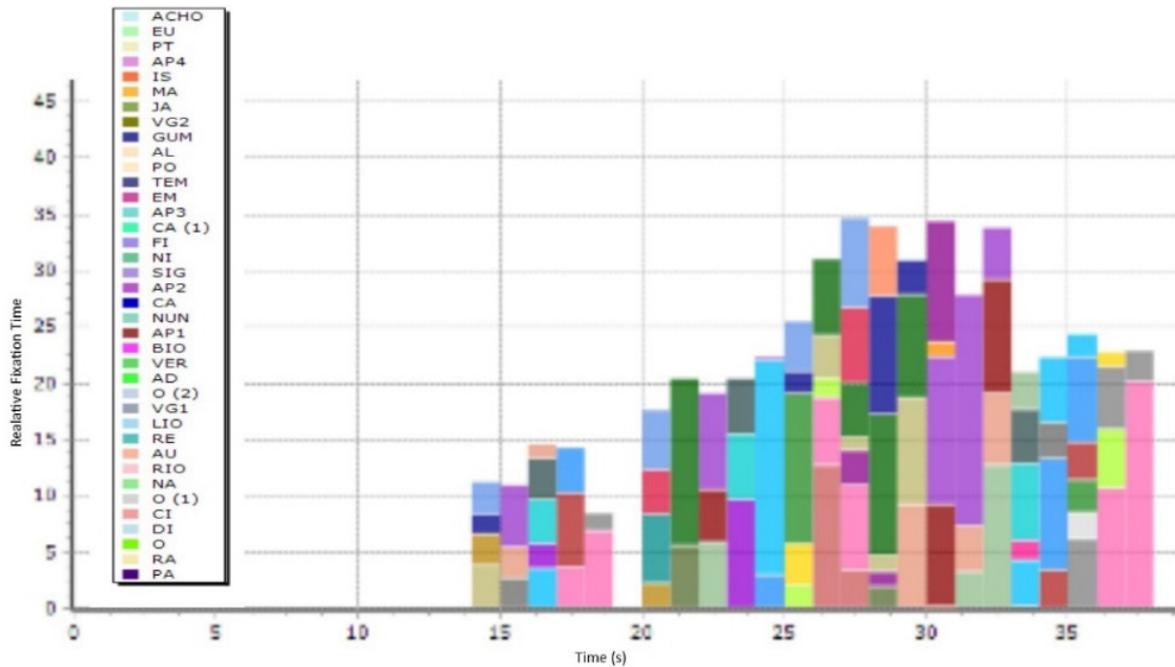
Figura 7 – Tempo relativo de fixação e tempo de processamento por sílaba do estímulo 1 em PF

Fonte: Vansiler (2019, p. 137).

As Figuras 8 e 9 demonstram o processamento ocular dos grupos de fluência em uma área de interesse que abarca uma construção frasal com presença do marcador VG duas vezes. No estímulo 2, tal como no estímulo 1, percebe-se que o grupo PF apresenta um pico maior na faixa de tempo de

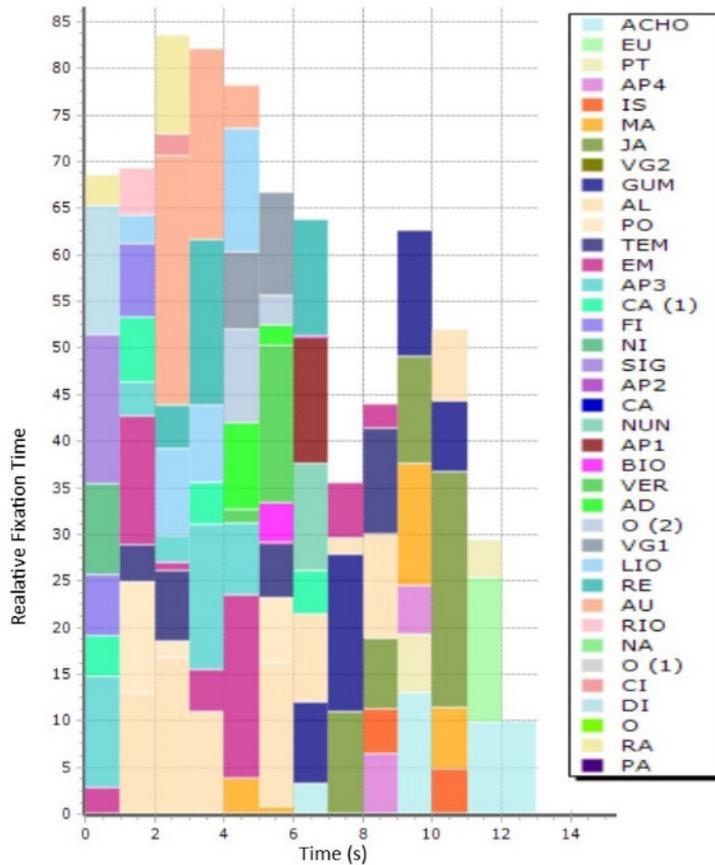
fixação em comparação ao grupo FL, o que demonstra que o primeiro grupo necessitou de mais tempo para processar a área de interesse tanto no texto mais complexo quanto no texto simples.

Figura 8 – Tempo relativo de fixação e tempo de processamento por sílaba do estímulo 2 em FL



Fonte: Vansiler (2019, p. 137).

Figura 9 – Tempo relativo de fixação e tempo de processamento por sílaba do estímulo 2 em PF

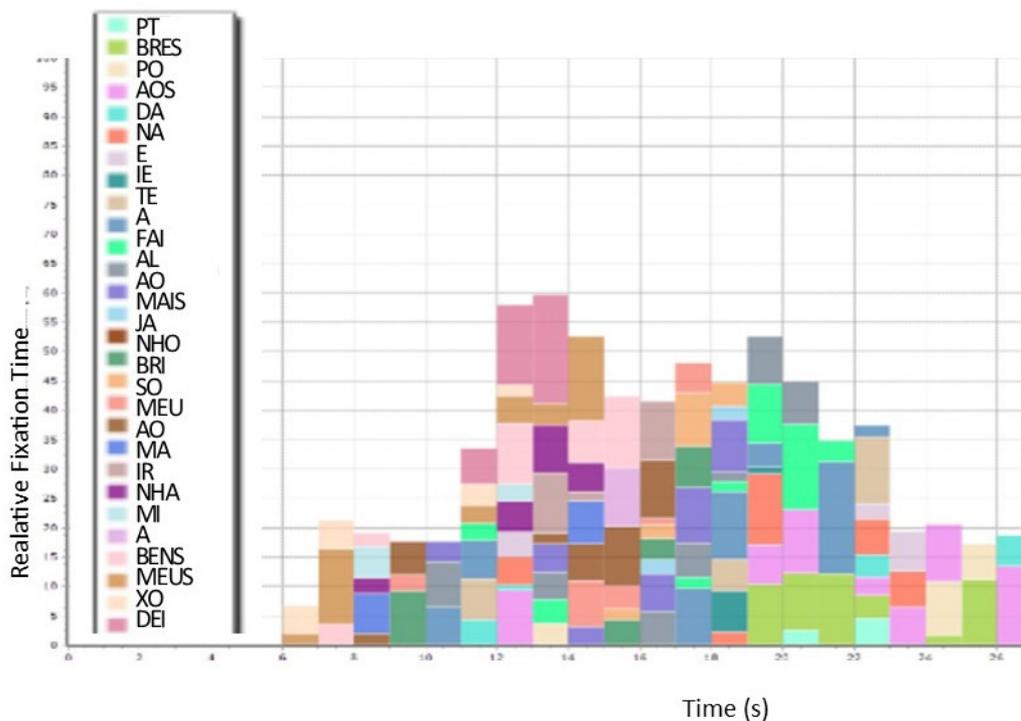


Fonte: Vansiler (2019, p. 137).

As Figuras 10 e 11 demonstram o processamento ocular dos grupos de fluência em uma área de interesse que abarca uma construção frasal com presença do marcador PT no estímulo

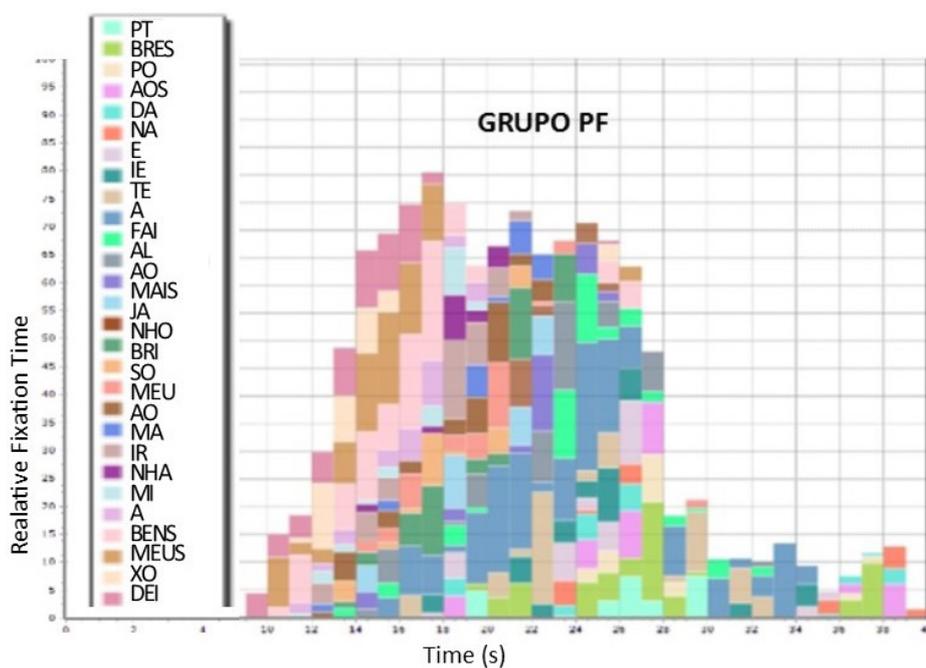
3. As diferenças entre os picos correspondentes ao tempo de fixação são mais próximas entre os dois grupos nesse estímulo.

Figura 10 – Tempo relativo de fixação e tempo de processamento por sílaba do estímulo 3 em FL



Fonte: Vansiler (2019, p. 138).

Figura 11 – Tempo relativo de fixação e tempo de processamento por sílaba do estímulo 3 em PF



Fonte: Vansiler (2019, p. 138).

É possível verificar, a partir da análise desses gráficos, que a diferença entre os dois grupos é mais visível nos estímulos 1 e 2, os estímulos que avaliam o desempenho dos grupos de fluência quanto à variável complexidade textual. Assim, podemos dizer que, quanto mais complexo o texto, mais os grupos se distanciam. Já no estímulo 3, o estímulo que não apresenta sinal de pontuação, indivíduos se comportam de forma muito próxima quanto ao tempo de processamento nas AOI.

Considerações finais

Ao longo deste artigo, tentou-se demonstrar ao leitor as infinitas possibilidades que o uso do rastreador ocular oferece às pesquisas. Essa abrangência vai desde as diferentes áreas do conhecimento que podem ser contempladas por essa metodologia até as várias formas de análise de um mesmo objeto de estudo.

Também ficou evidente, no texto, que as pesquisas que são realizadas com a metodologia de rastreamento ocular requerem uma equipe que trabalhe de forma interdisciplinar, com profissionais de diversas áreas. Para exemplificar, citamos a pesquisa de doutorado de Christo (2019) acerca do "Desempenho em cálculo nos cursos de engenharia: um estudo por meio da análise dos movimentos oculares". Embora a pesquisa seja na área do Ensino de Engenharias, contou com o apoio de um: a) matemático, para formular as questões que seriam resolvidas pelos alunos; b) linguista, para avaliar aspectos pertinentes à linguagem; c) programador, para programar o rastreador e auxiliar na coleta de dados; d) estatístico, para orientar nas análises quantitativas; e) físico, para dar suporte em toda a análise de dados; e) psicólogo e linguista, ambos da área cognitiva, para supervisionar a pesquisa como um todo; e f) pedagogo, que era a pesquisadora interessada em investigar o ensino de Cálculo nos cursos de Engenharia. É válido lembrar que esses profissionais não podem trabalhar de forma independente, mas estar em constante contato e troca de ideias até que se tenha os resultados da pesquisa. No Brasil, essa troca de conhecimento interdisciplinar ainda não é tão frequente, talvez

esse seja um dos motivos pelos quais alguns centros de pesquisa e universidades adquiram um rastreador ocular, mas o usem pouco ou, às vezes, nem o tirem da embalagem.

Por fim, espera-se que este texto tenha conseguido demonstrar a relevância do rastreamento ocular como ferramenta de investigação, que o leitor tenha contemplado as múltiplas possibilidades de pesquisa e que tenha despertado o interesse para o desenvolvimento de pesquisas correlatas, pois ainda há muito a ser feito e pesquisado no Brasil.

Referências

- BARRETO, Ana Margarida. *Eye tracking* como método de investigação aplicado às ciências da comunicação. *Comunicando*, v. 1, n. 1, p. 168-186, 2012.
- BOERSMA, Paul; WEENINK, David J. M. *Praat software*: Versão 4.0. Amsterdam: Universidade de Amsterdam, 2002.
- BOJKO, Aga. *Eye Tracking, the User Experience: A Practical Guide to Research*. New York: Rosenfield Media, 2013.
- CAGLIARI, L.C. *Elementos de Fonética do Português Brasileiro*. 1981. 192 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1981.
- CARPENTER, Roger H. S. *Movements of the Eyes*. London: Plon, 1988.
- CASTANHO, Thais Angélica. *A metodologia eye tracking na avaliação do uso do recurso pedagógico de pictogramas na comunicação alternativa para alunos com TEA*. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa, 2018.
- CHRISTIANSON, Kiel, JOHNSON, Rebecca L.; RAYNER, Keith. Letter transpositions within and across morphemes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, v. 31, p. 1327-1339, 2005.
- CHRISTO, Maria Marilei Soistak. *Análise de movimentos oculares em questões de cálculo: um estudo desenvolvido com alunos de cursos de Engenharia*. 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.
- GIANNOTTO, Eduardo C. *Uso de rastreamento do olhar na avaliação da experiência do tele usuários de aplicações de TV interativa*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação e Sistemas Digitais) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- HANNUS, Matti; HYÖNÄ, Jukka. Utilization of Illustrations during Learning of Science Textbook Passages among Low- and High-Ability Children. *Contemporary Educational Psychology*, v. 24, n. 2, p. 95-123, 1999.

LEFFA, Wilson J. *Aspectos da leitura: uma perspectiva psicolinguística*. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1996.

MEIRA, Thales Galvão de Almeida Leme de. *Leitura de letras trocadas: uma análise através dos movimentos oculares*. Relatório (Pesquisa de Iniciação Científica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

MURRAY, Wayne S.; KENNEDY, Alan. Spatial coding in the processing of anaphor by good and poor readers: evidence from eye movement analyses. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Glasgow, 40A, p. 693-718, 1998.

PACHECO, V. *Investigação fonético-acústico e experimental dos sinais de pontuação enquanto marcadores prosódicos*. 2003. 132 f. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Instituto de Estudos da Linguagem, Unicamp, Campinas, 2003.

RAYNER, Keith. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, v. 124, n. 3, p. 372-422, 1998.

SCHNOTZ, Wolfgang. Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In: MAYER, Richard E. (ed.). *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 72-103.

SPERBER, Dan.; WILSON, Deirdre. *Relevance: communication and cognition*. Oxford: Blackwell, 1986.

VANSILER, Nair Daiane de Souza Sauaia. *Movimentos oculares e prosódia de leitura: o processamento dos Marcadores Prosódicos Gráficos em alunos do 5º ano do ensino fundamental*. Tese (Doutorado em Estudos Linguísticos) – Programa de Pós-Graduação em Letras, Universidade Federal do Pará. Em andamento.

VANSILER, Nair Daiane de Souza Sauaia. Correlação de dados dos movimentos oculares e prosódia de leitura no processamento dos Marcadores prosódicos gráficos. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ANDAMENTO DO PPGL/UFPA, 16., 2019. *Anais [...]*. Belém: UFPA, 2019. p. 129-139.

VANSILER, Nair Daiane de Souza Sauaia; KLEIN, Ângela Inês. Processamento de leitura de estudantes universitários em língua alemã como LE. *Revista Caderno de Letras*, n. 35, p. 73-84, 2020.

WATANABE, Marcus Vinícius Hideki. *Eye Tracking e suas aplicações*. 2013. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade de Londrina, Paraná, 2013.

Nair Daiane de Souza Sauaia Vansiler

Doutoranda em Estudos Linguísticos pelo Programa de Pós-Graduação em Letras da Universidade Federal do Pará (UFPA), em Belém, PA, Brasil, como bolsista CNPQ, modalidade Doutorado Sanduíche Interno (SWP) no Laboratório de Processamento Visual da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PG); professora de Educação Especial na Secretaria de Educação do Estado do Pará (SEDUC-PA), em Belém, PA, Brasil.

Francine Baranoski Pereira

Doutoranda em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em Ponta Grossa, PR, Brasil, como bolsista CAPES; professora tutora do Curso de Letras da Universidade Aberta do Brasil (UAB/UEPG). Integrante do Grupo de Pesquisa "Linguagem, Ensino e Cognição", vinculado ao Programa de Mestrado de Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PG) e do Grupo de Pesquisa: "Políticas Educacionais e Formação de Professores" (UEPG).

Ângela Inês Klein

Doutora em Linguística pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), em Poeto Alegre, RS, Brasil, tendo realizado estágio de doutoramento no *Programme for Experimental and Clinical Ling* pela Universidade de Potsdam, Alemanha; coordenadora do Curso de Licenciatura em Letras - Português e Alemão da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL), em Pelotas, RS, Brasil. Fundadora do Laboratório de Processamento Visual durante o tempo em que atuou na Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Endereço para correspondência

Nair Daiane de Souza Sauaia Vansiler
Secretaria de Educação do Estado do Pará
Av. Augusto Montenegro, s/n, Km 10
Icoaraci, 66820-000
Belém, PA, Brasil

Francine Baranoski Pereira
Universidade Estadual de Ponta Grossa
Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748
Uvaranas, 84030900
Ponta Grossa, PR, Brasil

Ângela Inês Klein
Universidade Federal de Pelotas
Rua Gomes Carneiro, 01, sala 114, Campus Anglo
Centro, 96010610
Pelotas, RS, Brasil