

Metodologia para o Uso do Rastreamento Ocular na Avaliação de Afásicos Falantes de Língua Portuguesa

Paulo Henrique de Souza[†]
Universidade do Vale do Itajaí -
UNIVALI
paulohenriquesouza3@gmail.com

Alejandro R. G. Ramirez
Universidade do Vale do Itajaí -
UNIVALI
ramirez@univali.br

Maria Isabel d'Ávila Freitas
Universidade Federal de Santa
Catarina - UFSC
maria.isabel@ufsc.br

ABSTRACT

Aphasia is a language disorder that can cause deficits in expression and comprehension. Over the past two decades, interlinguistic studies have been using eye-tracking techniques to investigate language comprehension and production. Studies demonstrate the use of these techniques in populations with neurological or speech-language disorders, including aphasia. To investigate the use of eye-tracking techniques in Brazilian aphasic individuals, the authors are proposing a study to analyze sentence comprehension in the elderly with Broca's aphasia. In this context, this article presents a literature review to define a methodology for conducting the study. The studies gathered in the literature review provided subsidies to define the screening process, select stimulus, and define metrics of interest using eye tracking. Finally, the previous results obtained from the analysis of data collected with five aphasic volunteers are presented.

KEYWORDS

Aphasia; Eye-Tracking; Sentence Comprehension.

1 INTRODUÇÃO

Afasia é um comprometimento na linguagem decorrente de lesão cerebral e dependendo da região do cérebro afetada pela afasia, o indivíduo pode apresentar dificuldades de expressão ou compreensão [1].

Os indivíduos afásicos frequentemente têm dificuldade em compreender sentenças, especialmente sentenças que não seguem a ordem canônica (típica) de palavras para seu idioma [2] [3]. Sentenças de ordem não canônica causam um aumento da demanda de processamento, mesmo em indivíduos saudáveis, pois exigem a identificação de mais pistas morfológicas [3].

Nas últimas duas décadas o rastreamento ocular se tornou uma das técnicas mais frutíferas para investigar a compreensão e a produção da linguagem. Por isso é cada vez mais utilizado para caracterizar deficiências linguísticas em populações clínicas. A literatura já registra o uso destas técnicas em populações com transtornos de compreensão e comunicação e, entre elas, está a afasia [4]. Os estudos normalmente são conduzidos de duas maneiras: numa primeira abordagem, na qual é avaliada a compreensão auditiva, os movimentos dos olhos são registrados enquanto o paciente ouve sentenças e observa imagens-alvo; já a segunda abordagem, na qual é avaliada a compreensão de leitura, o rastreamento ocular é utilizado enquanto o paciente lê um texto [5].

Estudos envolvendo o uso de rastreamento ocular em pessoas com afasia falantes de português não foram encontrados. Dessa forma, o objetivo é analisar compreensão auditiva, por meio do rastreamento ocular, de brasileiros com afasia decorrente de lesão cerebral. Para isto propõe-se o desenvolvimento de uma ferramenta software que forneça informações complementares ao fonaudiólogo.

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico foi conduzido em três etapas. Na primeira, foi realizada uma busca por artigos de pesquisa publicados entre janeiro de 2015 e novembro de 2020, que contivessem no texto as expressões reunidas na string de busca: (Eye-Tracking" OR "Infrared Oculography) AND ("Aphasia") AND ("Eye Movements" OR "Sentence Comprehension" OR "Reading Text") OR ("Gaze Point" OR "Heat Map"). Nesta etapa, a pesquisa no Scopus retornou 35 publicações, no ScienceDirect 356 e no EMBASE 58, totalizando 449 trabalhos.

Na segunda etapa, foram selecionados artigos de acordo com seu título, palavras-chave e abstract, e assim, foram excluídas publicações não aderentes ao tema e as duplicadas, resultando em 28 trabalhos. Destes, foram selecionados 19 artigos que utilizavam rastreamento ocular para avaliação da compreensão auditiva. A terceira etapa envolveu a inclusão de artigos obtidos a partir de uma busca manual. Nesta etapa foram incluídas cinco publicações selecionadas pelos mesmos critérios das etapas anteriores. Após a leitura completa das 24 publicações, foi organizado um sumário contendo informações pertinentes para elaboração da metodologia.

3 ANÁLISE DOS TRABALHOS

Nesses estudos, os voluntários são avaliados quanto à causa, o tipo e o grau, por meio de versões reduzidas de avaliações cognitivas e de linguagem, e têm a acuidade auditiva e visual verificadas, para que estes déficits não inviabilizem a avaliação da compreensão [2][3][4][5][8][9][10][11][12][13][14][15][16][17][18][19][20]. Esses estudos também conduzem simulações do experimento principal como parte da triagem, de modo a avaliar a proficiência do voluntário na execução das tarefas. Caso o indivíduo apresente baixa interação com o experimento, ou tenha taxa de acerto relativamente inferior ao grupo, é retirado da amostra.

Outro aspecto importante para avaliação com rastreamento ocular trata-se da seleção dos estímulos visuais e auditivos. Nos artigos analisados, com exceção dos que demandam um método de

avaliação próprio [8][9][17][19][23], normalmente são selecionados estímulos adotados por outros estudos [3][4][5][10][16][18][22][24][25], formado por corpus de palavras e sentenças validados clinicamente [2][13][14].

A escolha das palavras ou sentenças que dão origem aos estímulos sonoros, é normalmente orientada pelo recurso cognitivo a ser investigado. Por exemplo, podem ser selecionadas palavras que concorrem semanticamente e fonologicamente [3][14][15], ou sentenças que impõem demandas distintas ao sistema cognitivo [2][4][5][11][16][22][25][21][26].

Em relação às métricas analisadas, a precisão, o caminho da varredura, a fixação e o tempo de reação do olhar podem fornecer informações de como os indivíduos com afasia selecionam as imagens-alvo em detrimento das distratoras [2][3][9][10][11][12][14][18][19][20][21][22][24][25][26][27]. Ao comparar estas métricas às de indivíduos sem problemas de cognição, são obtidas pistas em relação ao processo de compreensão e evidenciam as estratégias de interpretação adotadas. De maneira geral, a precisão reduzida, e o tempo de reação e de fixação do olhar maiores, estão associados ao déficit ou à concorrência de recursos cognitivos. Já o caminho da varredura evidencia as estratégias de interpretação da sentença [2][8][14][15]. As informações extraídas destes trabalhos suportam a formulação da metodologia no que tange o procedimento de triagem, a seleção dos estímulos, e as métricas de interesse. Assim a próxima seção descreve como foi formulada a metodologia proposta.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

O procedimento de triagem dos voluntários foi estabelecido após análise do levantamento bibliográfico e sob a consultoria de pesquisadoras especializadas em afasia. Assim, ficou definido que os voluntários passariam por uma avaliação de linguagem com a aplicação da bateria Western Aphasia Battery (WAB) e uma avaliação audiológica completa.

Os estudos analisados, que exploram o comprometimento de sentenças, utilizam frases simples e complexas como estímulos nas tarefas de compreensão. Examinando a necessidade de um corpus de sentenças e imagens com estas características, optou-se por utilizar um teste de compreensão validado clinicamente conhecido como o Teste de Recepção de Gramática 2 (TROG-2) [28]. Esta é uma avaliação de linguagem receptiva, já disponível em português, que permite determinar a compreensão gramatical de um indivíduo quando comparado a outros da mesma idade.

O teste foi desenvolvido originalmente em papel, porém para esta pesquisa os estímulos visuais serão digitalizados e apresentados em uma tela, em intervalos de tempo pré-determinados, e sincronizados com os estímulos auditivos reproduzidos em um fone de ouvido. Considerando um estudo prévio realizado por pesquisadores colaboradores [29][30], estabeleceu-se que o estímulo auditivo (sentença gravada) com duração de 4.000 ms seria reproduzido 500 ms após a apresentação do estímulo visual, com duração de até 30.000 ms. Alternadamente aos estímulos

visuais seria apresentada uma cruz de fixação (para centralizar o olhar), com duração de 2.000 ms.

A cada estímulo apresentado, o voluntário deve indicar o quadrante em que aparece a figura correspondente a sentença pronunciada. Para isso é utilizado um teclado adaptado contendo apenas quatro teclas, uma para cada quadrante.

Os estímulos são reproduzidos em um notebook posicionado a cerca de 50 cm do indivíduo. Enquanto é avaliado, os movimentos oculares são registrados por um rastreador ocular instalado abaixo da tela, o Tobii PCEye Mini, que possui as seguintes especificações técnicas: taxa de captura de 60 Hz; taxa de fluxo de dados de 30 FPS; exatidão e precisão inferiores a 1.9° e 0.4° respectivamente. A reprodução dos estímulos, a captura do movimento ocular e a contagem de acertos é realizada por uma aplicação desenvolvida em C++. Esta aplicação é amparada principalmente por duas APIs: a Tobii Stream Engine 4.1.0, que fornece o acesso ao fluxo de dados do rastreador ocular; e a SFML, que possibilita a criação de interfaces para uma interação mínima com o usuário.

Estudos que investigam o processamento de sentenças, usualmente analisam as métricas de precisão, tempo de reação, caminho da varredura e fixação do olhar. Deste modo, formulou-se a hipótese de que tanto o tempo de resposta quanto o número de fixações e a latência aumentarão em pessoas com afasia quando comparadas a indivíduos cognitivamente saudáveis. Em relação ao caminho da varredura, é esperado que este forneça pistas da estratégia adotada. Por fim, esta metodologia foi apresentada ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFSC, cujo parecer de aprovação se deu em outubro (5.071.239). Assim, em fevereiro foi iniciado o procedimento para coleta dos dados, e a análise prévia deles é apresentada na próxima seção.

5 ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS

A pesquisa ainda está em andamento e até o momento, apenas os voluntários afásicos foram avaliados. Deste modo, foram realizadas as médias das taxas de acerto e do tempo de resposta dos cinco voluntários avaliados, para cada bloco do TROG-2.

A taxa de acerto foi determinada pela comparação entre a resposta esperada e a indicada. Enquanto o tempo de resposta foi determinado pelo tempo decorrido entre a apresentação do estímulo visual e a resposta do voluntário via teclado. A Tabela 1 apresenta uma síntese destas métricas.

Identificação no TROG-2	Taxa de Acerto (%)		Tempo de Resposta (ms)	
	Média	Variância	Média	Variância
A	95,00	1,25	7760	1690
C	60,00	5,00	8710	1080
D	85,00	5,00	7740	540
E	75,00	6,25	8340	270
F	65,00	8,13	11020	2650
K	55,00	20,00	10540	4130
Q	25,00	9,38	12120	1260
S	45,00	1,25	11470	3190

Tabela 1: Média e Variância da Taxa de Acerto e do Tempo de Resposta

Ao analisar a Tabela 1 percebe-se uma diminuição na taxa de acerto e um aumento no tempo de resposta à medida que a complexidade da sentença se eleva. Cabe ressaltar que este fenômeno foi observado principalmente nos blocos F, K Q e S, que são mais complexos, conforme teorizado para este grupo. A análise também evidencia um aumento na variância nos blocos mais complexos, porém esse aumento é percebido principalmente no bloco K. Uma variância maior indica uma dispersão estatística maior da amostra. Mesmo restringindo a amostra a voluntários com lesão no lobo esquerdo do cérebro, estes indivíduos apresentam grau de comprometimento distinto, o que se reflete nos dados analisados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para viabilizar a formulação de uma metodologia para um estudo envolvendo rastreamento ocular e a avaliação da compreensão auditiva em afásicos, este artigo apresentou a metodologia formulada para o estudo e a análise prévia dos resultados obtidos. A análise prévia dos dados corroborou a hipótese de que o tempo de resposta e o número de fixações aumentam de acordo com a elevação do nível de complexidade dos estímulos apresentados. A informações extraídas do experimento, também dão pistas quanto à estratégia de compreensão (seleção do estímulo correto) adotada pelos indivíduos afásicos. Assim, os experimentos vêm demonstrando que um teste de compreensão auditiva, neste caso o TROG-2, combinado a técnicas de rastreamento ocular, pode fornecer informações complementares ao terapeuta.

ACKNOWLEDGMENTS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq, Brasil (Processo 315338/2018-0) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação no Estado de Santa Catarina FAPESC (TO 2020TR729).

REFERENCES

- [1] I. Adornetti. Le afasie di Broca e di Wernicke alla luce delle moderne neuroscienze cognitive. *Rivista Internazionale di Filosofia e Psicologia*. Vol. 10 (2019), n.3, pp. 295-312. DOI: 10.4453/ri/p.2019.0025.
- [2] R. Schumacher et al. Cue Recognition and Integration – Eye Tracking Evidence of Processing Differences in Sentence Comprehension in Aphasia. *Plos One*. p. 1-15. nov. 2015.
- [3] J. Lee, M. Yoshida, and C. K. Thompson. Grammatical Planning Units During Real-Time Sentence Production in Speakers with Agrammatic Aphasia and Healthy Speakers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, p. 1182-1194. ago. 2015.
- [4] J. E. Mack, A. Z. Wei, S. Gutierrez and C. K. Thompson. Tracking sentence comprehension: Test-retest reliability in people with aphasia and unimpaired adults. *Journal of Neurolinguistics*. p. 98-111. nov. 2016.
- [5] M. Arantzeta et al. Bilingual aphasia: Assessing cross-linguistic asymmetries and bilingual advantage in sentence comprehension deficits. *Cortex*. p. 195-214. out. 2019.
- [6] S. Grucza. Die Augen reden mächtiger als die Lippen I Eye-Tracking-„Einblicke“ in die Sprache. *Zeitschrift Des Verbandes Polnischer Germanisten*. Online, p. 1367-1393. 07 maio 2014.
- [7] J. Knilans and Gayle DeDe. Online Sentence Reading in People With Aphasia: Evidence From Eye Tracking. *American Journal of Speech-Language Pathology*. p. 961-973. nov. 2015.
- [8] A. Thiessen, D. Beukelman, K. Hux, and M. Longenecker. A Comparison of the Visual Attention Patterns of People With Aphasia and Adults Without Neurological Conditions for Camera-Engaged and Task-Engaged Visual Scenes. *Journal of Speech, Language, And Hearing Research*. p. 290-301. abr. 2016.
- [9] S. Heuer, and B. Hallowell. A novel eye-tracking method to assess attention allocation in individuals with and without aphasia using a dual-task paradigm. *Journal Of Communication Disorders*. p. 15-30. jun. 2015.
- [10] J. E. Mack, M. Nerantzini, and C. K. Thompson. Recovery of Sentence Production Processes Following Language Treatment in Aphasia: Evidence from Eyetracking. *Frontiers In Human Neuroscience*. p. 0-20. mar. 2017.
- [11] S. Hanne, F. Burchert, and S. Vasishth. On the nature of the subject-object asymmetry in wh-question comprehension in aphasia: evidence from eye tracking. *Aphasiology*. p. 435-462. jul. 2016.
- [12] S. M. Sheppard, M. Walenski, T. Love, and L. P. Shapiro. The Auditory Comprehension of Wh-Questions in Aphasia: Support for the Intervener Hypothesis. *Journal Of Speech, Language, And Hearing Research*. p. 781-797. jun. 2015.
- [13] M. V. Ivanova, O. V. Dragoy, S. V. Kuptsova, A. S. Uicheva, and A. K. Laurinavichyute. The contribution of working memory to language comprehension: differential effect of aphasia type. *Aphasiology*. p. 645-664. set. 2015.
- [14] V. Faria, D. Race, K Kim, and A. E. Hillis. The eyes reveal uncertainty about object distinctions in semantic variant primary progressive aphasia. *Cortex*. p. 372-381. jun. 2018.
- [15] N. Nozari, D. Mirman, S. L. Thompson-Schill. The ventrolateral prefrontal cortex facilitates processing of sentential context to locate referents. *Brain And Language*. p. 157-158. jul. 2016.
- [16] J. Lee. Effect of lexical accessibility on syntactic production in aphasia: an eyetracking study. *Aphasiology*. p. 391-410. set. 2019.
- [17] B. C. Preisig et al. Eye Gaze Behavior at Turn Transition: How Aphasic Patients Process Speakers' Turns during Video Observation. *Journal of Cognitive Neuroscience*. p. 613-1624. out. 2016.
- [18] Adelt, N. Stadie, R. Lassota, F. Adani, F. Burchert. Feature dissimilarities in the processing of German relative clauses in afasia. *Journal of Neurolinguistics*. p. 17-7. nov. 2017.
- [19] S. Heuer, M. V. Ivanova, B. Hallowell. More Than the Verbal Stimulus Matters: Visual Attention in Language Assessment for People With Aphasia Using Multiple-Choice Image Displays. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. p. 1348-1361. mai. 2017.
- [20] J. E. Mack, Mesulam M.-Marsel, Rogalski E. J. Nerantzini, and C. K. Thompson. Verb-argument integration in primary progressive aphasia: Real-time argument access and selection. *Neuropsychologia*. p. 107-192. abr 2019.
- [21] Adelt, F. Burchert, F. Adani and N. Stadie. What matters in processing German object relative clauses in aphasia – timing or morphosyntactic cues? *Aphasiology*. p. 980-998. jun. 2019.
- [22] S. Hanne, F. Burchert, and R. D. Bleser, and S. Vasishth. Sentence comprehension and morphological cues in aphasia: What eye-tracking reveals about integration and prediction. *Journal Of Neurolinguistics*. p. 83-111. maio 2015.
- [23] B. M. Ungrady, M. Flurie, B. M. Zuckerman, D. Mirman and J. Reilly. Naming and Knowing Revisited: Eyetracking Correlates of Anomia in Progressive Aphasia. *Frontiers in Human Neuroscience*. out. 2019.
- [24] H. R. Dial, B. McMurray and R. C. Martin. Lexical processing depends on sublexical processing: Evidence from the visual world paradigm and aphasia. *Attention, Perception, & Psychophysics*. p. 1047-1064. abr. 2017.
- [25] M. Arantzeta, J. Webster, I. Laka, M. M.-Zabaleta, and D. Howard. What happens when they think they are right? Error awareness analysis of sentence comprehension deficits in afasia. *Aphasiology*. p. 1418-1444. Jan. 2018.
- [26] M. Arantzeta, R. Bastiaanse, F. Burchert, M. Wieling, M. M.-Zabaleta and I. Laka. Eye-tracking the effect of word order in sentence comprehension in aphasia: evidence from Basque, a free word order ergative language. *Language, Cognition and Neuroscience*. p. 1320-1343. jul. 2017.
- [27] M. Seckin; M.-Marsel Mesulam; A. W. Rademaker; J. L. Voss; S. Weintraub; E. J. Rogalski; e R. S. Hurley, Eye movements as probes of lexico-semantic processing in a patient with primary progressive afasia. *Neurocase*. p. 65-75. mai. 2015.
- [28] Bishop D. Test for Reception of Grammar (TROG-2). London, UK: Harcourt Assessment; 2003.
- [29] P. H. Souza, A. R. G. Ramirez, M. T. C-Goulart, B. M. Lunardi, K. Lukasova and M. I. d'Ávila Freitas. Eye Tracking Application in the Evaluation of Aphasic Portuguese Speakers. *CISTI*. p. 4. jul. 2021.
- [30] M. Lunardi, K. Lukasova, M. T. Carthery-Goulart. Caracterização dos Processos Cognitivos e Correlatos Neurais da Leitura em Idosos Cognitivamente Saudáveis: Um Estudo com fNIRS e Rastreamento Ocular, “unpublished”.
- [31] S. M. D. Brucki, R. Nitrini, P. Caramelli, P. H. F. Bertolucci, I. H. Okamoto. Sugestões para o uso do Mini-Exame do Estado Mental no Brasil. *Arq Neuropsiquiatr* 2003;61:777-81.
- [32] Kertesz, (2007). The Western Aphasia Battery-Revised (WAB-R). Pearson. <https://doi.org/10.1037/t15168-000>.