



## DEBATE

# Aspectos da utilização do rastreamento ocular na pesquisa psicolinguística

## *Eye-tracking in psycholinguistic research*

Renê FORSTER\*

(Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ)

## RESUMO

*O presente trabalho apresenta uma revisão crítica da utilização da técnica de rastreamento ocular na investigação psicolinguística do processamento online. São descritos alguns princípios básicos de operação de aparatos de rastreamento e a dinâmica elementar do comportamento oculomotor. De um ponto de vista teórico, discute-se a informatividade, para a pesquisa cognitiva, das medidas comportamentais obtidas por meio do rastreamento ocular, apresentando vantagens e desvantagens da utilização da técnica e buscando demonstrar a relevância do rastreamento ocular para a compreensão do curso temporal dos processos envolvidos na compreensão da linguagem.*

**Palavras-chave:** *rastreamento ocular; processamento da linguagem; psicolinguística; metodologia experimental.*

---

\*. Esse artigo foi produzido com o financiamento do CNPq. Agradeço ao Laboratório de Psicolinguística e Processamento da Linguagem (LAPAL/PUC-Rio) e a sua coordenadora, Letícia Maria Sicuro Corrêa, pela oportunidade de desenvolver o estágio pós-doutoral durante o qual este artigo foi produzido. Agradeço também às Profas. Aline Dias (INES-RJ) e Clara Villarinho (UFJF) pela leitura do manuscrito e pelas sugestões.

**ABSTRACT**

*This paper reviews the use of eye-tracking technique in psycholinguistic research of online language processing. We briefly describe the operation of tracking equipment and the dynamics of oculomotor behavior. From a theoretical perspective, we discuss the informativeness of behavioral measures obtained through eye-tracking, considering advantages and disadvantages of this technique. We argue that eye tracking can be seen as an important tool for understanding the time course of processes that take place during language comprehension.*

**Key-words:** *eye-tracking; language processing; psycholinguistics; experimental methodology.*

As últimas décadas têm assistido a um crescente interesse pela técnica de rastreamento ocular na investigação do processamento da linguagem. Esse interesse se reflete na utilização dessa técnica para a investigação de diferentes tópicos, que vão desde processos mais elementares, como o acesso lexical (eg. Allopena et al., 1998) a processos de mais alto nível, como a integração de representações linguísticas e visuais (eg. Spivey et al., 2002), englobando pesquisas tanto sobre os processos de produção (eg. Griffin e Bock, 2000) quanto de compreensão da linguagem (eg. Frazier e Rayner, 1982; Altmann e Kamide, 1999).

Este artigo tem por objetivo apresentar uma revisão crítica da utilização da técnica de rastreamento ocular na investigação psicolinguística. Por um lado, numa perspectiva descritiva, são apresentados os fundamentos da técnica, que englobam a descrição geral de aparatos de rastreamento e do comportamento oculomotor. Por outro lado, numa perspectiva crítica, são debatidos alguns aspectos teóricos relacionados à utilização da técnica. Nesse âmbito, discutem-se, por exemplo, as possíveis relações entre os comportamentos mensurados pela técnica de rastreamento, ie. as medidas de sacadas e fixações (Cf. seção 2), e processos relativos à cognição ou, mais especificamente, ao processamento linguístico.

Assim, este trabalho se constitui como uma breve introdução à utilização dessa técnica experimental, que só recentemente vem sendo

incorporada à pesquisa em psicolinguística realizada no Brasil<sup>1</sup>. No percurso deste trabalho, poderão ser encontradas, inclusive, referências a partir das quais o leitor poderá se inteirar de algumas das discussões concernentes ao uso do rastreamento ocular. São discutidas também algumas questões práticas, abordadas em notas explicativas.

Espera-se que este panorama possa demonstrar a relevância do rastreamento ocular como ferramenta de investigação psicolinguística, principalmente no que tange à possibilidade de que algumas das medidas obtidas a partir da técnica possam ser informativas a respeito do nível de conhecimento linguístico acessado em um dado momento do processamento, permitindo a realização de inferências a respeito do curso temporal do processamento linguístico, conforme demonstraremos, em particular, na penúltima seção deste trabalho.

Em razão dos objetivos expostos, são apresentadas, em primeiro lugar, algumas tecnologias de rastreamento ocular, procurando descrever os princípios de operação de diferentes tipos de aparato (seção 1). Os dois principais eventos oculomotores detectados por esses aparelhos são descritos, na seção 2, em termos de suas características básicas, como frequência, duração e papel funcional. A seção 3 apresenta um debate sobre a informatividade desses eventos oculomotores no âmbito da pesquisa cognitiva de caráter experimental. Em particular, discute-se a *eye-mind assumption* (Just e Carpenter, 1980), considerando-se em que medida o comportamento oculomotor observável, mensurado pela técnica de rastreamento ocular, pode ser interpretado como um reflexo de processos mentais. A seção 4 dá continuidade à discussão da relação entre processos cognitivos e medidas obtidas a partir do rastreamento ocular, comentando alguns estudos que exemplificam o potencial informativo da técnica em investigações sobre o processamento linguístico e discutindo alguns procedimentos de aferição. A seção seguinte faz uma análise das vantagens e desvantagens da técnica

---

1. Dentre os trabalhos recentes produzidos no país, podemos citar o trabalho pioneiro de Maia (2008), que investigou os níveis de processamento na observação de imagens, os trabalhos de Leitão et al. (2012), Klein (2013) e Teixeira et al. (2014), que investigaram questões relativas a referência pronominal, o de Forster (2013), sobre a compreensão de relativas, o de Rodrigues et al. (2014), que abordou processos envolvidos na produção linguística, o de Dias (2015), que utilizou a técnica na investigação de estruturas de tópico da LIBRAS e o de Fragoso (2015), que vem investigando os padrões de leitura em textos multimodais.

de rastreamento, estabelecendo uma comparação com algumas outras técnicas experimentais e ressaltando, em especial, a vantagem de se utilizar o rastreamento em investigações relacionadas ao processamento da referência, uma vez que a técnica pode ser considerada como uma das principais fontes de evidência experimental para fenômenos dessa natureza. A seção 6 apresenta breves considerações finais.

## 1. O Rastreamento Ocular: princípios básicos da técnica

A técnica de rastreamento ocular consiste, em termos gerais, no monitoramento da posição relativa dos olhos durante tarefas que envolvem a visualização de estímulos visuais, sejam eles imagens, objetos ou textos escritos. Esse monitoramento, que há poucas décadas era feito por aparatos invasivos ou de precisão limitada (ver Fig. 1A e 1B), pode ser feito hoje por equipamentos completamente não invasivos, como os rastreadores de mesa (*table-mounted*), ou por aparatos com excelente acurácia e precisão<sup>2</sup>, que conseguem captar amostras em intervalos de tempo inferiores a 1 ms, chegando a 1 minuto-grau de acurácia (ver Fig. 2).

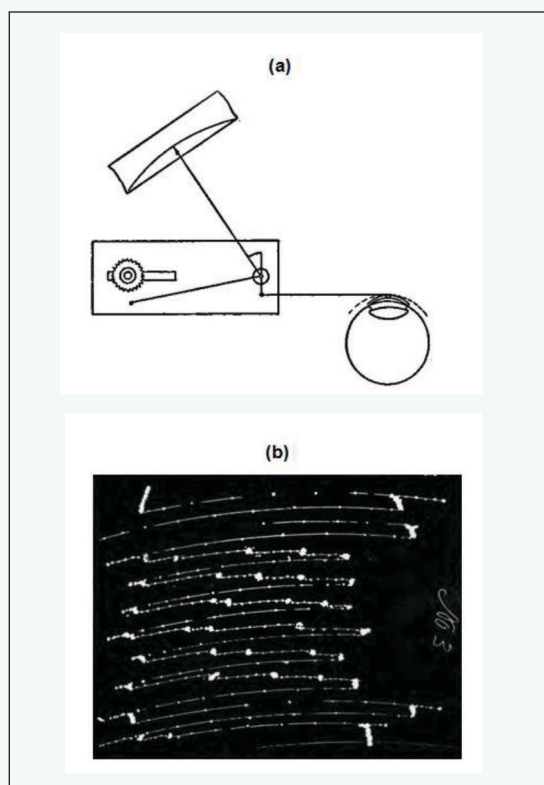
Dentre as técnicas de rastreamento correntemente utilizadas, uma tecnologia ainda bastante invasiva é o implante escleral, que consiste na inserção de uma lente que, ultrapassando a córnea, adere à esclera<sup>3</sup>. Por meio dessa lente, é possível relacionar variações no campo eletromagnético ao posicionamento dos olhos. A técnica, embora invasiva, é extremamente precisa<sup>4</sup>. Outra tecnologia é a eletro-oculografia (EOG), realizada a partir do posicionamento de eletrodos (semelhantes aos usados para eletroencefalografia) na região que circunda os olhos. Permite o monitoramento dos potenciais elétricos associados ao movimento dos olhos, com boa resolução temporal, mas com limitada resolução

2. O termo acurácia (*accuracy*) refere-se à distância média entre o direcionamento do olhar detectado pelo aparato rastreador e o posicionamento real do olhar. O termo precisão (*precision*, às vezes, *spatial resolution*), por sua vez, refere-se à capacidade do rastreador reproduzir uma mesma medida de posicionamento em diferentes momentos sucessivos (Holmqvist et al., 2011; Tobii, 2011).

3. Camada externa, branca e fibrosa do olho.

4. Veja-se <[www.chronos-vision.de](http://www.chronos-vision.de)>, para mais informações sobre a técnica.

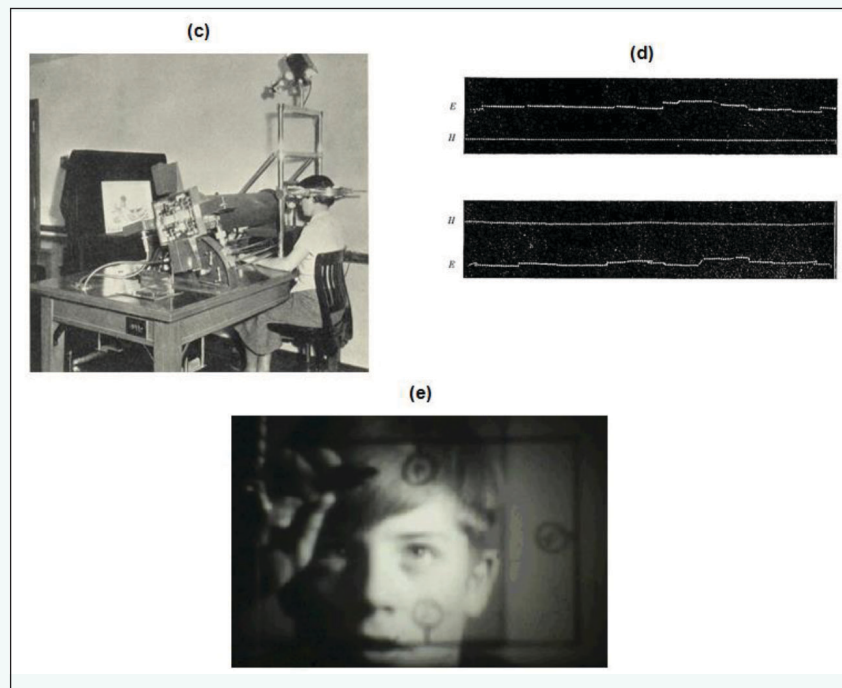
espacial<sup>5</sup> (Para uma descrição mais detalhada dessas e outras técnicas de rastreamento: Duchowsky, 2007; Holmqvist et al., 2011, cap. 1; Singh e Singh, 2012).



**Figura 1A** – Aparatos de rastreamento ocular.

(a) Representação esquemática do aparato desenvolvido por Huey (1908), que gerava um registro da movimentação dos olhos durante a leitura a partir de uma lente inserida no olho anestesiado do sujeito. A lente contava com um furo que permitia a leitura. As pálpebras do participante eram mantidas fixas para evitar seu contato com o fino tubo conectado à lente. (b) Reprodução do registro gerado pelo aparato empregado por Huey (2008) durante a leitura de um texto de 6 linhas. Aglomerados de pontos brancos indicam fixações. Linhas horizontais indicam sacadas (Cf. seção 2).

5. Apesar da resolução espacial limitada, a técnica tem a vantagem de permitir o monitoramento com os olhos fechados, permitindo o estudo da movimentação dos olhos durante o sono, por exemplo.



**Figura 1B** – Aparatos de rastreamento ocular (continuação)

(c) Aparato de rastreamento utilizado por Buswell (1935). Como muitos rastreadores modernos, este equipamento registrava a posição do olhar a partir de um reflexo na córnea, gerado por uma luz emitida pelo aparelho, um princípio de rastreamento introduzido no início do século XX por Dodge e Cline (1901) (d) O aparato de Buswell (1935) registra o movimento dos olhos, a partir do reflexo da córnea, em dois filmes. Os pequenos pontos em cada um das linhas representam intervalos de 33 ms. O filme superior registra um movimento horizontal do olho (linha superior) e o filme inferior (linha inferior) um movimento vertical. A partir desses registros, era possível sobrepor os pontos de fixação à imagem apresentada ao participante. (e) Registro de um participante resolvendo um problema apresentado em uma placa de vidro. Uma câmera atrás da placa registrava os movimentos oculares a cada 250 ms (Hunziker, 1970)<sup>6</sup>

O rastreamento por vídeo, usado pelos rastreadores mais comumente encontrados, é realizado, em geral, com base na detecção de reflexos da pupila<sup>7</sup> e da córnea gerados a partir da emissão de luz

6. Um vídeo em modo “câmera lenta” de um participante realizando a tarefa pode ser visto em: < <http://learning-systems.ch/multimedia/eye%20movements%20problem%20solving.swf>>.

7. Dependendo da posição dos emissores de luz infra-vermelha em relação à câmera, o reflexo pode aparecer claro (*brigh pupil*) ou escuro (*dark pupil*) no vídeo. O primeiro

infravermelha. A imagem dos olhos é então capturada em intervalos razoavelmente regulares<sup>8</sup> por uma câmera (Fig. 2). Essas amostras de imagem são analisadas e, a partir de cálculos geométricos, é inferido o direcionamento do olhar. O rastreamento por vídeo é feito por rastreadores estáticos ou móveis. Dentre os rastreadores estáticos, estão os rastreadores remotos (*remote systems*). Dentre os sistemas remotos, há aqueles que não impõem qualquer barreira física à movimentação dos participantes, embora sejam limitados quanto ao espaço rastreadável<sup>9</sup>. Há também os que contam com barreiras físicas para limitar os movimentos da cabeça, comumente posicionadas no queixo e na testa (Fig. 2, (b) e (c)). Os rastreadores que impõem limitações ao movimento dos participantes podem ter melhor desempenho, tanto em termos de acurácia quanto de precisão, uma vez que os modelos de posicionamento da cabeça dos rastreadores de movimentação livre estariam mais sujeitos a falhas (Holmqvist et al., 2011)<sup>10</sup>. Contudo, embora possam ter um melhor desempenho, rastreadores que limitam a movimentação da cabeça podem não ser adequados para certas circunstâncias experimentais, como estudos com crianças, por exemplo. Nos rastreadores móveis (*head-mounted*), tanto a câmera quanto o emissor de luz ficam acoplados a um suporte (em geral um capacete ou óculos) preso à cabeça do participante. Esses rastreadores são especialmente úteis para o estudo de ambientes reais e contam, em geral, com uma segunda câmera (além da que registra os olhos do participante) que filma o campo visual à frente do sujeito.

No rastreamento por vídeo, os dados de posicionamento são gerados a partir do processamento das imagens capturadas pela câmera

---

método utiliza um emissor de luz coaxial à câmera e o segundo uma fonte de luz afastada do eixo da câmera. A idade e a etnia dos participantes, além da quantidade de luz ambiente, podem interferir na detecção da pupila em função do tipo de iluminação utilizada (Holmqvist et al., 2011; Tobii, 2011).

8. Os intervalos de tempo são dados em função da taxa de amostragem do rastreador. Os rastreadores comerciais mais comuns têm taxas de amostragem que vão de 60 a 1250 Hz. No primeiro caso, é coletada uma amostra a cada 16,6 milissegundos e no segundo caso, uma amostra a cada 0,8 milissegundo.

9. Por exemplo, o modelo Tobii TX 300 permite uma liberdade de movimento da cabeça de 37 (largura) x 17 (altura) cm.

10. Há também rastreadores remotos cujo *setup* pode dispensar a presença de barreiras físicas ao movimento de cabeça, mas que requerem a colocação de um adesivo na testa do sujeito para facilitar a mensuração da distância do participante. É o caso de um dos *setups* possíveis do EyeLink 1000.

que filma os olhos do participante. Em sua forma mais essencial, esses dados relacionam informação temporal, reportada de acordo com a taxa de amostragem do rastreador, a informação espacial, traduzida em valores para coordenadas  $x$  e  $y$ <sup>11</sup> (para um ou ambos os olhos)<sup>12</sup>. A partir desses dados básicos<sup>13</sup>, os algoritmos dos rastreadores conseguem detectar os eventos oculomotores de interesse do pesquisador.

É possível identificar, assim, a porção de um estímulo visual para a qual um indivíduo olha em um momento determinado. Pode-se saber, por exemplo, para qual parte específica de uma imagem o sujeito direciona o seu olhar no momento em que ouve uma determinada porção de uma expressão linguística.

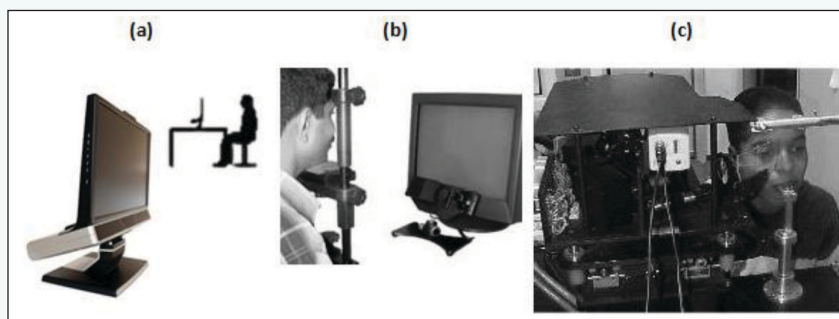
---

11. Para mapear a direção do olhar do participante em um ponto da tela (ou do espaço tridimensional), o rastreador precisa de uma referência da configuração dos olhos do participante no momento em que ele olha para este ponto. Para prover essa informação, comumente é realizado um processo de calibração, durante o qual se solicita ao participante que ele olhe para uma sequência de pontos (para uma representação aproximada possível das imagens de referência capturadas pelo rastreador durante a calibração, veja-se Duchowsky, 2007, p. 58)

12. Muitos trabalhos em Psicolinguística costumam reportar a utilização de rastreamento monocular. Esses trabalhos parecem partir do pressuposto de que a informação binocular seria redundante, uma vez que o direcionamento de ambos os olhos costuma ser aproximadamente o mesmo (embora possa não ser exatamente igual: Cf. Liveredge, 2008; Kirkby, White, Blythe, 2011). Em alguns desses trabalhos, reportam-se dados obtidos com o olho dominante (o olho direito para 2/3 da população, Cf. Eser et al., 2008), aquele que teria prioridade na construção das representações mentais (Porac e Coren, 1976; mas veja-se Khan e Crawford, 2001). Dependendo do tipo de pesquisa e do modelo de rastreador, a informação binocular pode mostrar-se vantajosa, pois pode permitir uma perda menor de amostras (pois há a possibilidade de utilizar as informações de apenas um olho quando ambos não forem detectados). Além disso, os fabricantes de alguns modelos de rastreador reportam maior acurácia e precisão dos dados binoculares, como é o caso do Tobii TX 300 (Tobii, 2011).

13. Alguns rastreadores são capazes também de detectar a variação de tamanho da pupila. Além das variações de luminosidade, a dilatação ou contração íris, que resulta na variação de tamanho da pupila está sujeita a fatores cognitivos e emocionais (Cf. Fong, 2012).





**Figura 2** – Rastreamento por vídeo.

(a) Tobii TX 300<sup>14</sup>. Com taxa de amostragem de até 300 Hz, registra movimentos oculares com acurácia média de 0.5°. Emissores de luz infravermelha e câmera encontram-se posicionados embaixo da tela embutida, completamente livres de contato com o sujeito. (b) EyeLink 1000<sup>15</sup>. Com taxa de amostragem de até 2000 Hz (monocular), acurácia média de 0,25°-0.5°. No setup apresentado na foto, o movimento da cabeça do participante é restringido por um suporte para o queixo e apoio para a testa. (c) Dual-Purkinje eye-tracker da Ward Electro-Optics, Inc<sup>16</sup>. Com taxa de amostragem de até 4000 Hz e acurácia de até 0,016°. A movimentação do participante é restringida por uma barra de mordida e amparo para a testa. Além do reflexo corneal normalmente monitorado por outros rastreadores, esse equipamento monitora um reflexo gerado no cristalino (Fig. 3), razão pela qual esses rastreadores teriam uma área de rastreamento pequena (Cf. Holmqvist et al., 2011, cap. 4).

Vale salientar que o processo de captura e análise de dados que conduz à geração das medidas de posicionamento envolve erros, como a detecção de posicionamentos falsos ou mesmo a não detecção do posicionamento dos olhos. Esses erros podem ser gerados, por exemplo, por falhas temporárias de hardware ou por erros na comunicação entre o rastreador e o aparato processador. Para reduzir o impacto desses erros, os dados de rastreamento podem ser filtrados. Os filtros podem fazer, por exemplo, com que uma sequência de dados não coletados (ou uma sequência de dados falsos de posicionamento) seja convertida em valores prováveis com base no valor de amostras anteriores e posteriores a sequência em questão. Os parâmetros utilizados para os filtros podem ser, em geral, estabelecidos pelo próprio pesquisador dentro dos softwares de análise de dados. Os filtros, contudo, podem alterar também os valores de medidas reais, podendo, assim afetar o *onset*, a duração e o posicionamento de sacadas e fixações. Por isso, o parâmetro adotado para os filtros deve ser ajustado de acordo com o

14. Fonte: [www.tobii.com](http://www.tobii.com)

15. Fonte: [www.sr-research.com](http://www.sr-research.com)

16. Fonte: [www.wardelex.com](http://www.wardelex.com)

objetivo do experimento e as variáveis dependentes consideradas (Cf. Holmqvist, 2011, cap. 5).

## 2. Eventos oculomotores

No que concerne ao uso da técnica de rastreamento ocular na investigação psicolinguística, as sacadas e as fixações são os eventos de maior interesse<sup>17</sup>, uma vez que se considera que esses movimentos refletiriam mais diretamente a ocorrência de processos cognitivos.

As sacadas são movimentos rápidos, balísticos<sup>18</sup>, estereotipados<sup>19</sup>, voluntários ou reflexivos, que ocorrem, tipicamente, entre 3 e 4 vezes por segundo e duram entre 10 e 100 milissegundos (Cf. Richardson e Spivey, 2004; Martinez-Conde, Macknik e Hubel, 2004) com velocidade de 700°/seg ou mais (Carpenter, 1988). Durante as sacadas, a visão é praticamente suprimida, retornando somente quando os olhos voltam a repousar (Martinez-Conde, Macknik e Hubel, 2004). O papel funcional deste tipo de movimento é permitir o direcionamento de um pequeno ponto da retina, conhecido por fóvea (Fig. 3), região na qual as imagens podem ser captadas com maior acuidade. Na fóvea, encontra-se alta densidade de cones, células que desempenham um papel importante na percepção da cor e que são sensíveis a alta frequência espacial (associada à percepção de detalhes). Uma porção considerável do córtex visual primário é dedicada ao processamento do input em alta resolução captado pela fóvea.

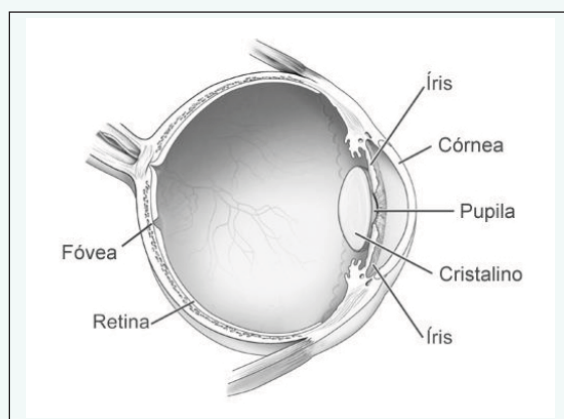
A visão foveal abrange por volta de 2° de diâmetro do campo visual, o que corresponde aproximadamente ao dedo polegar à distância de um

17. Há, por exemplo, além desses movimentos, o movimento de perseguição (*smooth pursuit*) – que acontece quando se rastreia suavemente (com velocidades que chegam a 130°/s, Cf. Bahill e LaRitz, 1984) a trajetória de um objeto com o olhar –, o nistagmo optocinético (*optokinetic nystagmus*) – no qual o movimento de perseguição é alternado com sacadas para compensar o deslocamento do alvo na retina –, e o movimento de vergência (*vergence*) – que acontece quando um alvo se aproxima ou se afasta do observador: os olhos, divergindo ou convergindo, se movem em direções opostas, ao contrário do que acontece nos outros movimentos (Cf. Duchowsky, 2007, cap. 4; Land, 2011).

18. A sacada é considerada um movimento *balístico*, pois teria seu alvo determinado antes de seu início (Findlay e Walker, 2012).

19. A relação entre amplitude, duração e velocidade de pico são bastante regulares nas sacadas. Por essa razão, são consideradas *estereotipados* (*stereotyped*) (van Beers, 2008).

braço. Um pouco ao redor da fóvea, a região parafoveal, ainda possui uma resolução relativamente alta e abrange um diâmetro aproximado de 3° do campo visual (Fig. 4 e Fig. 5) a partir da margem da visão foveal (Cf. Liversedge e Findlay, 2000).

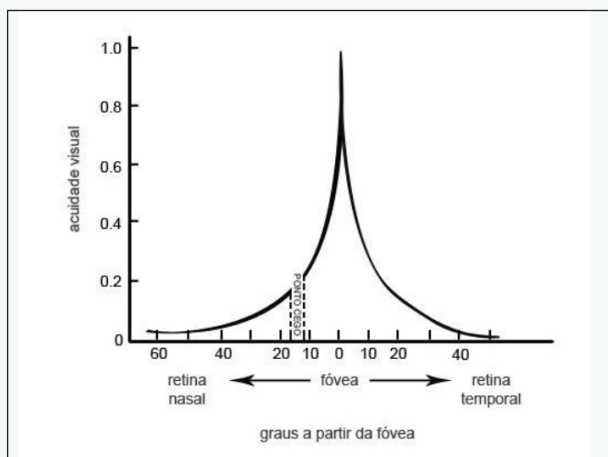


**Figura 3** – Diagrama do olho. (Adaptado de: National Eye Institute, National Institutes of Health)

Embora não haja a captação de informação visual relevante durante a sacada, há evidência de que processos como o reconhecimento e a identificação de palavras previamente fixadas poderiam continuar durante a execução de uma sacada (Irwin, 2004). A latência de uma sacada, que compreende o tempo relativo ao processamento de um estímulo-alvo até o início da resposta motora, passando pela programação do movimento motor a partir das coordenadas espaciais relativas ao ponto de aterrissagem da sacada, dura cerca de 200 ms<sup>20</sup> (Cf. Findlay and Walker, 2011), podendo variar de 100 ms a até 1000 ms (Cf. Glichrist, 2011; Altmann & Kamide, 2004). O número, a duração e a amplitude das sacadas varia de acordo com o tipo de estímulo visual. Na leitura, por exemplo, o número de sacadas (regressivas ou progressivas) tende a ser menor em textos com os quais o leitor tem alguma familiaridade. Essas sacadas costumam, contudo, ter uma maior duração e amplitude (Cf. Luegi, 2006).

20. Uma vez que a duração média de uma fixação é de 230-250 ms, considera-se que a programação de sacadas seja feita em paralelo à fixação (Cf. Rayner e Liversedge, 2004).

Renê Forster



**Figura 4** – Acuidade visual em relação à fóvea. (Adaptado de: Rayner e Castelano, 2007)



**Figura 5** – Representação simulada da acuidade da visão foveal. (Adaptado de: <http://www.sensoryguru.com>)

F= fóvea; Pf = parafóvea; P = periférica;

Entre as sacadas, ocorrem as fixações<sup>21</sup>, períodos parcialmente estacionários. Em geral, as fixações duram entre 200-300 ms

21. A distinção entre sacadas e fixações não é tão intuitiva quanto parece ser. Para que os rastreadores possam categorizar adequadamente esses tipos de evento é necessário que sejam estabelecidos critérios para a detecção de eventos. Algoritmos para detecção de eventos oculomotores encontram-se, em geral, associados aos softwares de análise que

(Richardson, Dale e Spivey, 2007), mas pode haver variação de acordo com o tipo de tarefa na qual o sujeito está engajado, como mostra a Tabela 1. Durante as fixações, ocorrem ainda pequenos movimentos imperceptíveis que mantêm a percepção visual, evitando a adaptação neural e o consequente esvanecimento da visão<sup>22</sup> (Martinez-Conde, Macknik e Hubel, 2004).

Nas fixações, a informação visual é analisada a partir na região foveal, aproveitando o nível de resolução disponível na área correspondente a ela. As fixações parecem estar naturalmente relacionadas ao foco de atenção visual (Findlay, 2004), ainda que nem toda a atenção esteja concentrada nesta área, como será visto na seção seguinte. Diante das limitações de resolução na região além da fóvea e também das limitações do sistema cognitivo, que não nos permite processar todo o campo visual ao mesmo tempo, a fixação irá possibilitar a seleção de uma determinada porção do estímulo visual para o processamento. Durante as fixações, informação exterior à porção do campo visual correspondente à fóvea, permitirá a seleção do alvo para a sacada conseguinte (Irwin, 2004).

---

costumam acompanhar os rastreadores comerciais. Nesse caso, o pesquisador pode ajustar os valores associados a alguns parâmetros pré-estabelecidos pelo fabricante, como (i) a velocidade e/ou aceleração calculada a partir da alteração do posicionamento em diferentes amostras, (ii) a distância espacial entre o posicionamento de diferentes amostras, (iii) e o tempo decorrido entre diferentes amostras, para que o software realize a categorização dos eventos. Alguns algoritmos limitam-se a agrupar ou separar fixações com base na dispersão, considerando apenas os parâmetros de tempo e deslocamento espacial. Outros algoritmos consideram ainda o parâmetro de velocidade e/ou aceleração, como é o caso do I-VT (*Velocity-Threshold Identification*), utilizado em alguns rastreadores comerciais (Salvucci e Goldberg, 2000; Komogortsev et al., 2010). Para a descrição mais detalhada de algoritmos e recomendações para o ajuste de parâmetros, ver Holmqvist et al. (2011, cap. 5).

22. Esses movimentos são chamados, em inglês, de *fixational eye movements* e englobam as microsacadas, os drifts e os tremores (Cf. Martinez-Conde et al., 2013).

**Tabela 1** – Características dos movimentos oculares em diferentes tarefas (Adaptado de: Rayner & Castelhana, 2007)

Tarefa	Duração média da fixação (ms)	Extensão média da sacada
Leitura silenciosa	225-250	8 - 9 caracteres
Leitura em voz alta	275-325	6 - 7 caracteres
Percepção de cena*	260-330	4°
Busca visual**	180-275	3°

No caso da leitura, em línguas como o inglês, cujo sentido da escrita é da esquerda para a direita, a porção do campo visual da qual leitores proficientes extraem informação (janela perceptiva<sup>23</sup>) corresponde a cerca de 3 a 4 caracteres à esquerda da fixação e a cerca de 14 a 15 caracteres à direita (Cf. Rayner e Clifton Jr., 2009).

### 3. Eventos oculomotores e processamento cognitivo

A atenção visual pode, por um lado, ser atraída por propriedades intrínsecas de um estímulo visual, i.e., propriedades relacionadas à forma, tais como cor, brilho, contraste, simetria, complexidade, dentre outras. Essas propriedades, mais concretas e ligadas a processos mais básicos da cognição, costumam ser designadas como propriedades *bottom-up*. Por outro lado, a atenção visual pode ser atraída por propriedades *top-down*, i.e., informação de natureza interpretativa, relacionada ao conhecimento de mundo, a experiências passadas ou a expectativas desencadeadas por um tipo específico de contexto – como

\*. Tradução de “scene perception”. De acordo com Henderson e Hollingworth (1999), uma cena pode ser definida como uma imagem semanticamente coerente, em escala baseada nas proporções humanas, englobando um fundo e ainda objetos discretos. Entretanto, segundo Henderson e Ferreira (2004), a literatura registra o uso deste termo relacionado a outros contextos, como, por exemplo, em referência a conjuntos de objetos dispostos de maneira arbitrária.

\*\*.. Tradução de “visual search”. Uma tarefa de busca visual consiste, em geral, na busca consciente de um objeto-alvo, definido por algum tipo de instrução, no contexto de um conjunto delimitado de objetos semelhantes ou não.

23. Do inglês, *perceptual span*.

a expectativa de que espelhos retrovisores de um carro estejam em um posição típica (Cf. Maia, 2008; Cavanagh, 2001; Paterson, 2003; Henderson e Ferreira, 2004).

Parte dos trabalhos que usam o rastreamento ocular no âmbito da pesquisa cognitiva investigam a influência de informação *top-down*, dentre as quais se inclui possivelmente informação de natureza linguística, no comportamento oculomotor. Esses trabalhos são baseados na pressuposição de que os movimentos oculares são reflexos do estado cognitivo de um indivíduo em um determinado momento e, por isso, poderiam nos dizer como e quando certas informações são processadas. Pressupõe-se que, ao direcionar o olhar para um determinado ponto, o sujeito direciona também seus recursos cognitivos a ele com vistas a processar informações nele contidas ou a ele relacionadas.

Just e Carpenter (1980), a partir de um estudo de rastreamento da leitura no inglês, formalizaram a relação entre movimentos oculares e processamento cognitivo na *eye-mind assumption*, segundo a qual os olhos permaneceriam fixando uma palavra enquanto ela estivesse sendo processada, de forma que não haveria diferença entre o tempo de processamento e o tempo de fixação. Essa hipótese parecia ser confirmada pela observação de tempos maiores de fixação associados, por exemplo, a palavras menos frequentes (Just e Carpenter, 1980) ou ainda à observação de que a frequência e o tamanho de palavras anteriores ou posteriores a uma dada palavra não influenciariam a duração do olhar (*gaze duration*) nesta última, de forma que o tempo detectado poderia ser relacionado exclusivamente ao processamento do *input* corrente (Carpenter e Just, 1983).

A forte correlação entre a duração das fixações e o processamento da escrita (ou o processamento cognitivo como um todo) proposta por Just e Carpenter (1980), parece, como notam Underwood e Everatt (1992), estar em desacordo com evidência obtida pelos próprios proponentes da *eye-mind assumption*: Carpenter e Just (1983) observaram que uma parte razoável das palavras não seria fixada durante o processamento – 18% das palavras de conteúdo e 62% das palavras funcionais. A despeito disso, não parece razoável imaginar que essas palavras deixem de ser processadas. Estudos sugerem, na verdade, que elas seriam processadas em fixações precedentes (Cf. Rayner e

Pollatsek, 1989). Dessa forma, parece haver processamento não correlacionado a fixações.

Em tarefas de outra natureza, uma versão forte da *eye-mind assumption* parece também não encontrar sustentação. No *cueing paradigm*, que envolve uma tarefa na qual os sujeitos são instruídos a detectar, fora do seu ponto de fixação, a aparição de um estímulo visual, que pode ser precedido ou não por uma pista visual (como um elemento que pisca no local em que o alvo será apresentado), observou-se que sujeitos pareceram se beneficiar da pista visual apresentada, previamente ao alvo, fora do ponto de fixação (Posner et al., 1980), um possível indicador de alocação de recursos cognitivos dissociada do direcionamento do olhar.

Em outro estudo, foi avaliado o desempenho dos sujeitos em quatro tarefas: detecção de um ponto de luz, reconhecimento de formas, identificação de letras e categorização de palavras de três letras (Edwards & Goolkasian, 1974). Cada uma das tarefas deveria ser desempenhada em níveis diferentes de distância da fóvea. De acordo com os resultados, a 10° do centro da fixação, todas as tarefas puderam ser desempenhadas; a 15° e 25°, detecção, reconhecimento e identificação ainda podiam ser realizadas.

Resultados como esses estão relacionados à possibilidade de que a atenção visual possa ser patente ou latentemente direcionada. Ou seja, podemos alocar nossa atenção em um ponto do campo visual, orientando nosso olhar a ele – atenção patente (*overt attention*) – ou podemos fazê-lo de maneira menos transparente, alocando recursos cognitivos nesse ponto sem dirigir nosso olhar a ele – atenção latente (*covert attention*). Em função disso, é possível a dissociação entre o *locus* do processamento cognitivo e o *locus* de fixação.

Na mesma direção, estão os resultados que indicariam processamento de informação durante os movimentos sacádicos. Há evidência, por exemplo, de que, em tarefas experimentais, a demanda por movimentos sacádicos mais longos, em comparação com movimentos mais curtos, pode favorecer a identificação de palavras escritas previamente apresentadas, sugerindo que o tempo adicional inerente à sacada mais longa pode compreender processamento de informação lexical (Irwin, 1998).



A aterrissagem em uma nova palavra também não quer dizer que ela seja imediatamente processada, conforme sugeriria a *immediacy assumption*, uma vez que fixação em palavras pouco frequentes pode desencadear um maior tempo de leitura em palavras subsequentes (Rayner e Duffy, 1986).

Tem-se a partir disso, que, por um lado, o direcionamento do olhar parece poder ser correlacionado a processos cognitivos, conforme postularam Just e Carpenter (1980) a partir da observação de que o tempo de fixação refletiria a manipulação de variáveis linguísticas. Por outro lado, ainda que uma parte considerável da pesquisa psicolinguística feita com rastreamento confirme essa observação de Just e Carpenter (1980), o local e a duração das fixações, em certas circunstâncias, pode não coincidir exatamente com o *locus* e com a duração do processamento cognitivo, conforme sugere a versão forte da *eye-mind assumption*.

Assim, os valores absolutos das medidas obtidas com a técnica de rastreamento ocular podem não ser tão úteis para a avaliação de hipóteses quanto o contexto experimental, de forma que a possibilidade de correlacionar o processamento cognitivo ao direcionamento do olhar reside, em grande parte, no *design* dos experimentos:

Although the mere presence of gaze at a particular location in the visual field does not reveal the variety of brain computations that might be operating at that moment, the experimental context within which the fixation occurs often provides critical information that allows powerful inferences. (Hayhoe, 2004, p. 267)

Em suma, embora seja possível inferir, por exemplo, que o tempo maior de fixação em palavras pouco frequentes, quando comparadas a palavras muito frequentes seja relacionado à dificuldade em algum processo de análise linguística, não parece, contudo, ser possível defender que esse tempo de fixação seja exatamente equivalente ao tempo de processamento dessa palavra, nem no que diz respeito ao *onset* nem no que diz respeito à duração<sup>24</sup>.

24. A esse respeito, ver também Reichele (2011, p. 768-769).

#### 4. Variáveis dependentes e processos cognitivos

Uma vez detectado o direcionamento do olhar, os sistemas de rastreamento traduzem essa informação em coordenadas com valores para os eixos  $x$  e  $y$  dadas em função do tempo. A partir daí, torna-se possível derivar uma série de medidas que podem ser tomadas como variáveis dependentes em um experimento. Partindo da hipótese de que os movimentos oculares são relacionados a processos cognitivos, é possível delinear, a partir das medidas com o comportamento oculomotor, conclusões a respeito da natureza e do curso temporal dos processos cognitivos envolvidos durante a realização de uma tarefa experimental.

No que diz respeito às medidas de fixação, dentre as mais usadas na investigação psicolinguística, estão as medidas relativas ao número e à duração das fixações. Tanto o número quanto a duração de fixações<sup>25</sup> costumam ser associados, em termos gerais, à alocação de recursos cognitivos e, em certas circunstâncias, a um aumento da carga de processamento cognitivo, de forma que é possível inferir, por exemplo, na comparação entre condições, que aquelas correlacionadas a um número maior ou uma duração maior das fixações estariam associadas à maior dificuldade de processamento (Holmqvist et al, 2011, p. 381-383; 412-415). Partindo desse raciocínio, considera-se, por exemplo, que palavras com fixações mais longas – como palavras menos frequentes (Inhoff e Rayner, 1986) ou menos esperadas (Rayner e Well, 1986) – seriam mais difíceis de processar. Da mesma forma, considera-se que orações relativas restritivas de objeto estariam associadas a um maior custo de processamento quando comparadas a relativas de sujeito, uma vez que registram fixações mais longas (Traxler et al., 2002; Yang et al., 2013).

Além do custo de processamento, medidas relacionadas ao número de fixações são usadas também como variável dependente em

25. Em estudos sobre a leitura, a duração das fixações pode ser reportada em termos de *tempo de leitura por caractere* (Frazier e Rayner, 1982). Essa medida permite ajustar o tempo de leitura de acordo com o tamanho da sequência considerada. Contudo, essa medida pode gerar distorções, uma vez que assume que regiões mais longas estariam associadas a um tempo proporcionalmente maior de leitura. Em razão disso, alguns autores optam por apresentar a duração da fixação em termos de *tempo residual de leitura* (Cf. Trueswell et al., 1994, appendix B).

estudos que investigam o curso temporal do processamento. O número de fixações pode ser entendido, nesse tipo de investigação, como um indicador do *nível* dos processos ou representações acessadas em um dado momento. Por exemplo, no paradigma do mundo visual (*visual world paradigm*)<sup>26</sup>, quando ouvindo a sequência de sons que formam a palavra *beaker* (béquer), participantes, a partir de 400 ms, passavam a direcionar mais vezes seu olhar para a ilustração de um béquer do que para ilustrações relacionadas a outras palavras. Esse tipo de resultado poderia indicar que o ouvinte estaria, no intervalo em questão, acessando a representação de nível lexical correspondente à palavra alvo (Allopena et al., 1998). Há também evidência de que, ao ouvir um verbo como *eat* (comer), ouvintes direcionam o seu olhar mais vezes para ilustrações correspondentes a possíveis complementos (eg., bolo), sugerindo que informação de subcategorização do verbo é incrementalmente acessada (Altmann e Kamide, 1999)<sup>27</sup> e, possivelmente, utilizada para direcionar os processos referenciais relacionados ao nome que complementa o verbo, mesmo antes que esse nome seja apresentado ao ouvinte (veja-se a discussão sobre processos antecipatórios na seção 5).

Medidas relacionadas ao número de fixações podem ser apresentadas de diferentes formas a depender do objetivo do estudo. Em alguns casos, em vez de se apresentar o número absoluto de fixações, apresenta-se o número de rodadas (*trials*) com fixação. Isso significa que, ao invés de contar todas as fixações direcionadas a um elemento, durante um determinado intervalo de tempo em uma dada condição, avalia-se simplesmente se, durante o intervalo de uma rodada, houve ou não ao menos uma fixação (eg.: Tanenhaus et al., 1995; Kamide et al. 2003; Knoeferle et al., 2005)<sup>28</sup>. Esse dado pode, então, ser apre-

26. No *visual world paradigm*, utilizado para investigar o processo de compreensão da linguagem, o movimento ocular dos participantes é monitorado enquanto estes manipulam objetos ou observam ilustrações durante da apresentação auditiva de um estímulo linguístico (Cf. seção 5).

27. Mais especificamente, o estudo de Allopena et al. (1998) considerou, dentre as variáveis dependentes, a probabilidade de fixação no alvo e o de Altmann e Kamide (1999), dentre as principais medidas, a probabilidade cumulativa de fixação.

28. Knoeferle et al. (2005) usam o termo *inspection* (inspeção) para fazer referência à medida gerada pelo procedimento de contar como conjunto fixações consecutivas: “*consecutive fixations within one object region (i.e. before a saccade to another region occurred) were added together, being counted as one inspection*”.

sentado em termos de percentual ou proporção. Nesse caso, interessa saber simplesmente se, em determinado momento, houve ou não o direcionamento da atenção visual a um determinado alvo potencial em razão de um estímulo linguístico, e, portanto, se este alvo esteve ou não envolvido em algum processo cognitivo em um dado intervalo de tempo, independentemente de quantas fixações foram geradas por esse direcionamento de atenção.

Em particular na investigação da leitura, os movimentos oculares podem ser analisados a partir de uma perspectiva qualitativa: avalia-se a natureza de certas fixações ou sacadas e não simplesmente seu número absoluto. Nesse sentido, é possível analisar não só *quantas* fixações ou sacadas ocorreram, mas também *como* elas ocorreram. Como se sabe, embora a leitura nas línguas de alfabeto latino seja predominantemente da esquerda para a direita, há também uma quantidade razoável de regressões: movimentos oculares na direção oposta à da leitura, realizados para que o indivíduo possa reler uma ou mais palavras (Bayle, 1942; Cf. Rayner 1998; Luegi et al., 2010). Sacadas regressivas, que representam entre 10% e 15% das sacadas (Rayner e Clifton Jr., 2009), costumam ser indicativas de dificuldades na leitura e, por conseguinte, tendem a ser associadas a uma maior carga de processamento. Observa-se, por exemplo, que sentenças temporariamente ambíguas como *Since Jay jogs a mile seems like a short distance to him* (na qual *a mile* pode ser analisada como objeto de *jogs* ou sujeito de *seems*) estão associadas a um número maior de movimentos regressivos (Frazier e Rayner, 1982), o que poderia ser entendido como um indicativo de uma dificuldade de processamento relacionada à ambiguidade em questão.

Medidas relacionadas a movimentos regressivos podem ser analisadas, ainda, considerando sua relação com eventos cognitivos específicos, ou mais precisamente, com os estágios específicos de análise previstos em um modelo de processamento. Nesse sentido, é possível considerar, por exemplo, que medidas nas quais, em termos gerais, não se incluem regressões, como o *first-pass reading time* (soma das fixações compreendidas entre a primeira fixação e a última fixação em uma região antes que os olhos saiam dela, avançando ou voltando no texto; também chamada de *gaze duration*), refletiriam estágios iniciais de processamento lexical e estrutural. Sob a perspectiva de certos modelos de processamento, essa leitura inicial poderia, ainda, incluir a

análise de informação de subcategorização e semântica (Boland, 2004). Já medidas relacionadas a movimentos regressivos, como o *second-pass reading time* (soma das fixações ocorridas depois do *first-pass*) poderiam ser associadas a processos posteriores relacionados, por exemplo, à integração de informação discursiva (Boland e Blodgett, 2001). Conforme observaremos na seção seguinte, essa possibilidade de análise é uma das principais contribuições dessa técnica para a investigação de processos relacionados à compreensão da linguagem.

Na investigação da leitura, dentre as principais medidas reportadas, encontram-se: duração da primeira fixação (tempo entre a entrada em uma palavra e o início de uma nova sacada em qualquer direção), *go-past* (soma das fixações entre a entrada em um segmento e a saída para outro segmento à direita, incluindo regressões a palavras anteriores; também chamada de *total-pass reading time*, *regression-path duration* e *cumulative region reading time*) e o tempo total de leitura (soma de todas as fixações, ocorridas a qualquer momento, em um segmento) (Cf. Vonk e Cozijn, 2003; Staub e Rayner, 2010; Juhasz e Pollatsek, 2011). Dentre essas medidas, o tempo de primeira fixação, assim com o *first pass*, é comumente tido como uma medida que reflete processos iniciais de análise e o tempo total de leitura pode ser considerado como uma medida que refletiria processos posteriores. Há, contudo, diferentes interpretações em relação ao *go-past* (Cf. Staub e Rayner, 2010).

O procedimento de cálculo de algumas dessas medidas não é, contudo, uniforme na literatura. Há propostas, por exemplo, de que o tempo de sacadas entre fixações seja incluído na contabilização do *gaze duration*, uma vez que ocorreria processamento lexical durante as sacadas (Irwin, 1998; Vonk e Cozijn, 2003; Cf seção 3). O efeito da inclusão do tempo relativo às sacadas na medida, contudo, pode ser considerado pequeno, principalmente em segmentos com apenas uma palavra, já que as sacadas nessas circunstâncias costumam ser breves (Rayner, 1998).

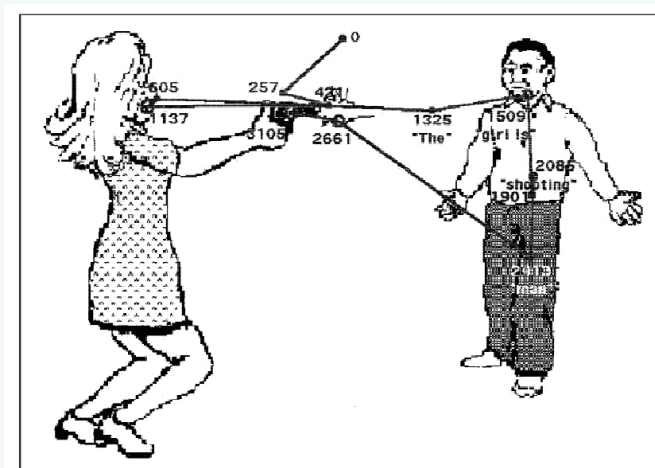
O procedimento de aferição de uma medida também pode variar de acordo com o tipo de paradigma adotado. Em particular, no paradigma do mundo visual, por exemplo, um fator considerado na extração de medidas de rastreamento ocular é o tempo de programação da sacada (ou *latência da sacada*; Cf. seção 2). Com o objetivo de compensar o tempo

decorrido desde o início da programação da sacada até a aterrissagem dos olhos no novo ponto de fixação, soma-se, ao tempo de início do segmento de interesse, o tempo estimado para a programação da sacada (cerca de 200 ms), deslocando para a frente o intervalo de análise. A ideia por trás desse procedimento é a de que um processo cognitivo só será observado no comportamento ocular depois de decorrido o tempo necessário para a programação da resposta muscular (ie., o movimento dos olhos) em questão (Cf. Altmann e Kamide, 2004).

Outra medida possível é o *onset* da sacada, ou seja, o tempo médio que se leva para lançar uma sacada em direção a um determinado alvo em função de um dado estímulo. Essa medida pode indicar o tempo requerido para a alteração do foco atencional resultante da percepção desse estímulo. Pode indicar, além disso, a ocorrência de processos antecipatórios durante a compreensão da linguagem (eg., Di Nardo, 2011; Cf. seção 5).

Além de medidas quantitativas, existem formas de apresentação gráfica das medidas relacionadas ao comportamento oculomotor. Dentre as usadas na psicolinguística, está o *scanpath* (também chamada de *scan pattern*, *fixation track* e *inspection pattern*; Cf. Holmqvist et al., 2011, cap. 8). Essa representação, em geral sobreposta a um exemplo do estímulo apresentado ao participante (Fig. 6), permite ver a ordenação de sacadas (representadas por linhas) e fixações (representadas por pontos ou círculos). A medida pode ser útil para compreender o fluxo do deslocamento do olhar do participante permitindo inferências a respeito da sequência de processos cognitivos empregados ou de representações mentais acessadas<sup>29</sup>. Essa forma de representação pode ser utilizada, por exemplo, como um recurso auxiliar na investigação do processo de formulação de sentenças desencadeado por estímulos visuais (Griffin e Bock, 2000; Rodrigues et al., 2014; Fig 6).

29. Essa forma de apresentação pode ser ainda utilizada para avaliar a qualidade do algoritmo de classificação de eventos oculomotores utilizado (Cf. Holmqvist et al., 2011).



**Figura 6** – Scanpath de estímulo visual utilizado em tarefa de eliciação. (Griffin e Bock, 2000).

## 5. Por que usar o rastreamento ocular?

O advento e a crescente acessibilidade de tecnologias de rastreamento ocular trouxeram para a psicolinguística novas possibilidades de investigação do processamento online. Essa técnica permite a coleta contínua de amostras: os dados de posicionamento dos olhos do participante podem ser captados ao longo de todo o período de observação de um estímulo. Dependendo do tipo de equipamento utilizado, é possível coletar dados de posicionamento em intervalos menores do que 1 milissegundo (Cf. seção 1). A partir desses dados, o pesquisador pode analisar, ao longo do tempo, as alterações do comportamento oculomotor desencadeadas por cada elemento linguístico lido ou ouvido pelo participante, o que pode permitir observar reflexos comportamentais de processos cognitivos no momento em que estes mesmos processos estão sendo conduzidos.

Nessa técnica, o controle consciente do participante sobre o comportamento que está sendo tomado como variável dependente (os movimentos oculares) é infrequente, já que tal comportamento é, em grande parte, involuntário. Além disso, muitos dos equipamentos

disponíveis atualmente oferecem a possibilidade de que experimentos de rastreamento sejam realizados de forma minimamente invasiva (Cf. seção 1). Em razão disso, o tempo requerido para a preparação do aparato e do participante é menor quando comparado ao tempo de preparação necessário em técnicas como o ERP (Potenciais Evocados por Eventos) ou a fMRI (Ressonância Magnética Funcional), mesmo no caso de rastreadores que requerem barreiras à movimentação natural do sujeito ou daqueles que requerem o acoplamento de aparato rastreador ao corpo do participante. Adicionalmente, não é necessário solicitar ao participante a realização de qualquer tarefa concomitante – por exemplo, a tarefa de apertar uma tecla para exibir segmentos de frases, requerida na leitura/escuta automonitorada –, impedindo que a execução desta interfira nos resultados obtidos.

No caso da leitura, em particular, o rastreamento prescinde da segmentação artificial de estímulos requerida, por exemplo, em técnicas como a de potenciais evocados (ERP) ou na leitura automonitorada.

Relacionada à possibilidade de que o fluxo de leitura do participante seja relativamente livre durante o rastreamento ocular, está uma das maiores vantagens dessa técnica para a investigação psicolinguística: a possibilidade de que as medidas da leitura em uma palavra (ou outro segmento qualquer) possam ser analisadas em “camadas” discretas, de acordo com certas características funcionais do comportamento analisado. Na leitura automonitorada, por exemplo, o tempo de leitura de um segmento é uma medida não discreta, no sentido de que o evento de leitura é indivisível, correspondente ao intervalo entre a apresentação desse segmento e o comando, disparado pelo sujeito, para a apresentação do próximo trecho de uma sequência. A análise da leitura por meio do rastreamento ocular, por outro lado, permite analisar eventos discretos de leitura. O tempo de leitura em um dado segmento pode ser analisado em várias “camadas”: quando, por exemplo, um segmento é lido por mais de uma vez, torna-se possível distinguir, em um mesmo segmento, o *first-pass reading time* de uma segunda leitura, como o *second-pass reading time*.

Em virtude dessa possibilidade de dissociação, a técnica de rastreamento provê um tipo específico de evidência comportamental.



Conforme observado na seção 4, quando interpretadas à luz de modelos de processamento, essas medidas, obtidas em diferentes momentos da leitura de um segmento, podem ser associadas a processos ou estágios de processamento cognitivo específicos, permitindo, assim, avaliar hipóteses sobre um dos pontos centrais de investigação na pesquisa psicolinguística, o curso temporal do processamento durante a compreensão da linguagem.

Outro tipo de evidência comportamental importante para a psicolinguística e acessível por meio da técnica de rastreamento revela-se em comportamentos indicativos do mapeamento de expressões referenciais em estímulos visuais correspondentes. No chamado paradigma do mundo visual, utilizado para investigação da fala encadeada (sem segmentação), estímulos visuais são apresentados concomitantemente a estímulos auditivos. Dentre os estímulos visuais utilizados, têm-se *sets* de objetos reais posicionados em quadrantes (eg., Tanenhaus et al., 1995), ilustrações de *arrays* de objetos (eg., Altmann e Kamide, 1999), ilustrações de figuras humanas (eg., Forster, 2013), vídeos de humanos desempenhando ações em ambientes reais (eg., Di Nardo, 2011), dentre outros. Os estímulos linguísticos, apresentados por via auditiva, são, em geral, constituídos por frases isoladas. Em tarefas de ação direcionada, esses estímulos podem assumir a forma de uma instrução para que o participante aponte ou mova algum estímulo visual (eg., Allopenna et al., 1998; Tanenhaus et al., 1995). Observa-se, contudo, que expressões linguísticas podem influenciar o comportamento oculomotor dos participantes mesmo em tarefas “passivas”, ie., que não requerem explicitamente o direcionamento do olhar por meio da instrução (eg. Cooper, 1974; Altmann e Kamide, 1999; Cf. Boland, 2004).

Estudos dessa natureza se tornaram possíveis a partir da observação de que havia uma tendência de que participantes direcionassem, espontaneamente, seu olhar para os elementos visuais semanticamente relacionados a expressões linguísticas apresentadas por via auditiva (Cooper, 1974). Em estudos posteriores, observou-se ainda que o comportamento oculomotor parecia refletir processos mentais de ordem linguística com alguma precisão temporal (Allopenna, Magnunson & Tanenhaus, 1998). Essa observação parece prover evidência em favor

da *time-locking hypothesis*<sup>30</sup> (Cf. Holmqvist et al., 2011, p. 199-203), segundo a qual probabilidade de sujeitos direcionarem sua atenção visual (comumente refletida em movimentos sacádicos) para o referente visual de uma expressão referencial aumentaria conforme a ativação dessa mesma expressão aumenta com o seu desdobramento na cadeia da fala. Num conjunto de observações de uma amostra, a probabilidade de sacadas serem dirigidas a um referente visual poderia aumentar mesmo com pequenos aumentos da ativação de uma expressão referencial, o que, provavelmente, reflete o fato de as sacadas serem respostas rápidas, de baixo custo e com baixo limiar (*threshold*) de ativação (Cf. Tanenhaus, 2008).

Essa transparência da técnica de rastreamento ocular em relação à ocorrência de processos referenciais fornece informações valiosas a respeito do fluxo temporal do processamento na compreensão. Conforme descrito na seção 4, experimentos utilizando o paradigma do mundo visual têm permitido observar, pelo direcionamento do olhar dos sujeitos, o momento provável de acesso a representações lexicais correspondentes a uma palavra, permitindo que se compreendam, por exemplo, os processos envolvidos no acesso lexical (Allopena et al., 1998).

Esse paradigma também tem permitido que se investiguem processos antecipatórios envolvidos na compreensão da linguagem. A antecipação pode ser entendida como uma expectativa do processador por um determinado material linguístico gerada a partir do processamento de material precedente. Assim, processos antecipatórios estão relacionados à incrementalidade<sup>31</sup> (ou, nos termos de Kamide (2008), seriam uma forma radical de incrementalidade), uma vez que a antecipação supõe que o processador seja capaz de incorporar o material linguístico corrente e, com base em informação da representação em construção, predizer propriedades de itens subseqüentes.

30. A *time-locking hypothesis* parece estar relacionada a *eye-mind assumption* e, dessa forma, deve ser considerada com a mesma cautela recomendada na seção 3.

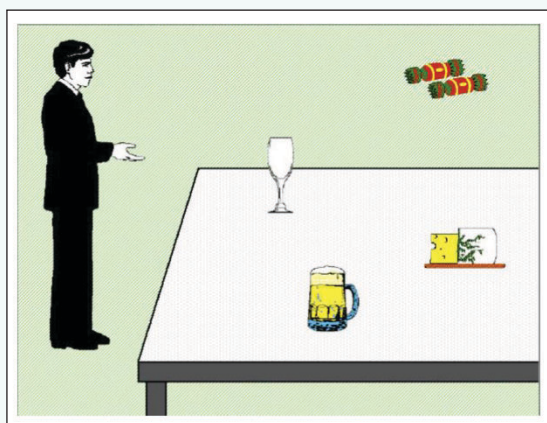
31. Em sentido estrito, incremental seria um processador que analisa os itens lexicais de uma sentença assim que os recebe, o que quer dizer que os itens de uma seqüência não são armazenados isoladamente para que sejam estruturados apenas ao final de uma oração (Cf. Gorrell, 1999).

Em uma série de estudos (Altmann e Kamide, 1999; 2007; Kamide et al., 2003; Kamide, 2008), observou-se que movimentos oculares, registrados no paradigma do mundo visual, poderiam indicar a antecipação de propriedades de material linguístico não apresentado. Investigando, por exemplo, o impacto da marcação temporal de verbos no direcionamento do olhar, observou-se, em experimento no quais foram confrontadas sentenças como “*The man will drink the beer*” e “*The man has drunk the wine*” apresentadas concomitantemente a ilustrações como a Figura 7 (com um copo vazio, suposto alvo do verbo no passado, e um copo cheio, pretensamente, alvo da sentença com o verbo no futuro), que os participantes tendiam a olhar mais frequentemente para o copo vazio na condição envolvendo frases no passado, como “*The man has drunk the wine*”<sup>32</sup> (Altmann e Kamide, 2007)<sup>33</sup>. Assim, ao direcionar o olhar para o recipiente vazio antes mesmo de que fosse possível recuperar as informações lexicais do complemento verbal (*wine*), o sujeito parece estar sendo capaz de antecipar as propriedades (sintáticas e semânticas) deste complemento com base na informação do verbo. Assim, esse tipo de evidência, obtida por meio da técnica de rastreamento ocular, tem contribuído para que sejam testadas hipóteses a respeito do curso temporal de acesso a diferentes

32. Apesar dessa tendência, na condição com o verbo no futuro, o alvo hipotético não chegou a contabilizar um número significativamente maior de olhares. Num segundo experimento, acrescentou-se às frases a expressão “*all of*”, procurando facilitar a associação entre a condição de futuro com o copo cheio. Com essa reformulação, tanto na condição de futuro, quanto na de passado, os participantes tornaram-se propensos a olhar mais para os possíveis alvos no início da expressão referencial.

33. O trabalho de Altmann e Kamide (2007) é especialmente direcionado a demonstrar a relação entre atenção visual e processamento linguístico. Em relação a essa questão, os autores confirmaram a ideia de que o olhar tende a antecipar a entidade que deverá ser referida no desenrolar de uma sentença. Segundo os autores, o comportamento observado poderia ser explicado por uma interseção entre as propriedades da representação conceitual disparada pelos objetos representados por meio da figura e a representação conceitual disparada pelo estímulo linguístico, de forma que, mesmo que a sentença não esteja literalmente representada na ilustração, os olhos seriam capazes de antecipar o alvo potencial da ação. Essa interseção conceitual parece ser compatível, segundo Altmann e Kamide, com resultados anteriores (Huettig e Altmann, 2005) no qual foi notado que uma palavra como piano, por exemplo, pode conduzir o olhar para a imagem de um trompete (num set contendo outras imagens). Os resultados também estão, em certa medida, na mesma direção assinalada pelos defensores da ‘situated vision’, que propõem que a visão serviria como um tipo de ‘memória externa’ (e.g., Ballard et al., 1997; O’Regan, 1992). Em especial, ressalta-se a possibilidade de que essa antecipação refletira mudanças no estado atencional do sistema cognitivo.

níveis de informação, permitindo, dessa forma, a testagem de hipóteses relativas à arquitetura do processador (Cf. Forster, 2013).

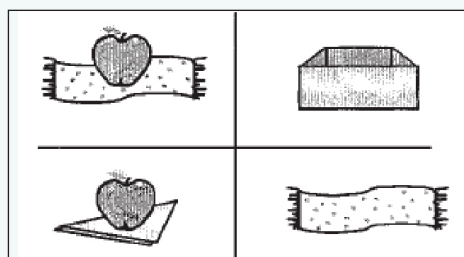


**Figura 7** – Estímulo visual apresentado em Altmann e Kamide (2007)

Em suma, a importância do rastreamento ocular para pesquisa psicolinguística parece derivar, particularmente, da possibilidade de as medidas de leitura de um segmento serem analisadas discretamente, desdobradas em diferentes variáveis dependentes potencialmente associadas a diferentes operações cognitivas, e da transparência dessa técnica em relação a processos referenciais.

Contudo, essa técnica está sujeita também a algumas limitações. No caso particular do paradigma do mundo visual, um problema que poderia dificultar a interpretação de resultados de rastreamento ocular está relacionado ao argumento de que a configuração dos estímulos visuais apresentados em muitos estudos que relacionam movimentos oculares à compreensão da linguagem poderia facilitar o desenvolvimento de estratégias de resposta. Por exemplo, ao ver elementos dispostos tal como representados na Figura 8, o participante poderia imaginar que a presença de duas maçãs seria indicativa de que a instrução da tarefa focaria, necessariamente em uma delas e, assim, até prever o tipo de instrução.

No entanto, os movimentos oculares durante a compreensão da linguagem já se mostraram sujeitos a fatores que não poderiam estar envolvidos em estratégias, como, por exemplo, a frequência lexical (Cf. Tanenhaus et al., 2000). Por exemplo, numa tarefa na qual foi apresentado aos participantes um conjunto de objetos designados por palavras com semelhanças fonéticas (e.g., “*bed*”, “*bench*”, “*bell*”), constatou-se que o objeto nomeado pela palavra de maior frequência (no caso, “*bed*”) tendia a registrar mais fixações a partir do *onset* da palavra que nomeava outro objeto (por exemplo, *bench*), a partir de uma instrução do tipo “*Pick up the bench*” (Dahan, Magnuson e Tanenhaus, 2001). Esse tipo de resultado parece indicar que a busca por um referente está sujeita a uma competição análoga a que supostamente se dá durante o acesso lexical.



**Figura 8** – Exemplo de estímulo visual. Spivey et al. (2000).

Ainda em relação a possíveis desvantagens da técnica de rastreamento, no que diz respeito à investigação do processamento da fala encadeada no paradigma do mundo visual, uma limitação natural dessa estratégia experimental está na necessidade de que o tipo de fenômeno linguístico investigado possa ser representado em estímulos linguísticos passíveis de serem associados a ilustrações ou a objetos apresentados visualmente. Nesse sentido, expressões linguísticas que denotam estados mentais, apenas para citar um exemplo, podem ser difíceis de investigar a partir desse paradigma. Há ainda a possibilidade de que o processamento do material visual interfira no processamento linguístico de maneira indesejada<sup>34</sup> (Cf. Mitchell, 2004).

34. Note-se, contudo, que em certos experimentos a inter-relação entre representações linguísticas e visuais é o próprio objeto de investigação.

Vale mencionar que, mesmo sendo uma técnica considerada pouco invasiva, os experimentos realizados com rastreamento ocular, ainda assim, acabam por não refletir condições perfeitamente naturais de processamento. Assim, o uso da técnica exige uma avaliação das condições de validade ecológica desejáveis para a investigação de um dado fenômeno.

Por fim, outra limitação ao uso da técnica de rastreamento é o custo dos equipamentos e softwares, pois a maioria dos produtos comerciais ainda tem um preço médio alto. Embora essa tecnologia venha se tornando cada vez mais barata e a despeito de haver até mesmo soluções gratuitas para a condução e análise de experimentos<sup>35</sup>, a confiabilidade técnica das soluções de baixo custo pode ser difícil de avaliar.

## 6. Considerações Finais

Este trabalho buscou apresentar uma revisão crítica da utilização do rastreamento ocular, ressaltando em especial as contribuições que a técnica oferece à investigação psicolinguística. Conforme discutido ao longo desse artigo, o desenvolvimento de diferentes aparatos de rastreamento, de diferentes estratégias experimentais e das discussões técnicas e teóricas relacionadas à técnica têm permitido que se divi-ssem perspectivas teóricas que talvez não estivessem acessíveis sem os recursos de rastreamento ocular. Daí, a importância dessa técnica que, além disso, vem ratificando resultados obtidos por meio de outras técnicas experimentais (Cf. Mitchell, 2004).

A integração de aparatos de rastreamento a tecnologias de obtenção de medidas eletrofisiológicas é ainda uma das perspectivas promissoras da investigação psicolinguística. A possibilidade técnica de sincronização de sinais captados a partir do comportamento oculomotor associados a potenciais evocados por eventos (ERP) pode vir a prover informações críticas para o desenvolvimento de modelos psicolinguísticos e, em particular, para o debate acerca do curso temporal de acesso a informações, respondendo à questões fundadoras da área, como as que dizem respeito à modularidade ou à serialidade do processamento.

35. O software OGAMA (<http://www.ogama.net/>), por exemplo, é uma solução gratuita para a gravação e análise de dados compatível com diversos rastreadores do mercado.

Recebido em janeiro de 2015  
Aprovado em novembro de 2016  
E-mail: rene.forster@gmail.com

## Referências bibliográficas

- ALLOPENNA, P. D.; MAGNUSON, J. S. & TANENHAUS, M. K. 1998. Tracking the time course of spoken word recognition using eye movements: Evidence for continuous mapping models. *Journal of memory and language*, v. 38, n. 4, p. 419-439.
- ALTMANN, G. & KAMIDE, Y. 1999. Incremental interpretation at verbs: restricting the domain of subsequent reference. *Cognition*, v. 73, p. 247-264.
- ALTMANN, G. & KAMIDE, Y. 2007. The real-time mediation of visual attention by language and world knowledge: Linking anticipatory (and other) eye movements to linguistic processing. *Journal of Memory and Language*, v. 57, p. 502-518.
- BAHILL, A. T. & LARITZ, T. 1984. Why can't batters keep their eyes on the ball. *American Scientist*, v. 72, n. 3, p. 249-253.
- BALLARD, D. H.; HAYHOE, M. M.; POOK, P. K. & RAO, R. P. N. 1942. Deictic codes for the embodiment of cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 20, p. 723-767, 1997.
- BAYLE, E. 1942. The nature and causes of regressive movements in reading. *The Journal of Experimental Educational*, p. 16-36.
- BOLAND, J. E. 2004. Linking eye movements to sentence comprehension in reading and listening. *The on-line study of sentence comprehension: Eyetracking, ERP, and beyond*, 51-76.
- BOLAND, J. E. & BLODGETT, A. 2001. Understanding the constraints on syntactic generation: Lexical bias and discourse congruency effects on eye movements. *Journal of Memory and Language*, v. 45, n. 3, p. 391-411.
- BUSWEL, G. T. 1935. *How people look at pictures*. Chicago: University of Chicago Press.
- CARPENTER, R. H. S. 1988. *Movements of the eyes*. Pion Limited.
- CARPENTER, P. A. & JUST, M. A. 1983. What your eyes do while your mind is reading. In: K. Rayner (Ed.), *Eye movements in reading: Perceptual and language processes*. San Diego, CA: Academic Press.
- CAVANAGH, P. 2001. Top-down processing in vision. In: Wilson, R.; Keil, F. C. (Ed.). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. MIT press.

- CLIFTON, C.; STAUB, A. & RAYNER, K. 2007. Eye movements in reading words and sentences. In: Van Gompel, R. (Ed.). *Eye movements: A window on mind and brain*. Elsevier. p. 341-372.
- COOPER, R. M. 1974. The control of eye fixation by the meaning of spoken language: A new methodology for the real-time investigation of speech perception, memory, and language processing. *Cognitive Psychology*, v. 6, n. 1, p. 84-107.
- DAHAN, D.; MAGNUSON, J. S. & TANENHAUS, M. K. 2001. Time course of frequency effects in spoken word recognition: evidence from eye movements. *Cognitive Psychology*, v. 42, p. 317-367.
- DIAS, A. F. A. 2015. *A construção de tópico na Língua de Sinais Brasileira: uma abordagem psicolinguística*. Tese (Doutorado em Letras) - Universidade Federal Fluminense, UFF. Orientador: Eduardo Kenedy Nunes Areas.
- DODGE, R. & CLINE, T. S. 1901. The angle velocity of eye movements. *Psychological Review*, v. 8, n. 2, p. 145.
- ESER, I.; DURRIE, D. S.; SCHWENDEMAN, F. & STAHL, J. E. 2008. Association between ocular dominance and refraction. *Journal of Refractive Surgery*, v. 24, p. 685-689.
- FINDLAY, J. & WALKER, R. 2011. Human saccadic eye movements. *Scholarpedia*. Disponível em: <[http://www.scholarpedia.org/w/index.php?title=Human\\_saccadic\\_eye\\_movements&action=cite&rev=12](http://www.scholarpedia.org/w/index.php?title=Human_saccadic_eye_movements&action=cite&rev=12)> 2018. Acesso em: set. 2012.
- FONG, J. 2012. Eye-Opener: Why Do Pupils Dilate in Response to Emotional States? *Scientific American*.
- FORSTER, Renê. 2013. *Aspectos do processamento de orações relativas: antecipação de referentes e integração de informação contextual*. Tese - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Orientadora: Letícia Maria Sicuro Corrêa.
- FRAGOSO, L. da C. P. L. 2015. *Integração de Informação Linguística e Gráfica na Compreensão Multimodal de Gráficos Estatísticos: Uma Avaliação Psicolinguística*. Tese (Doutorado em Letras) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Orientadora: Erica dos Santos Rodrigues.
- FRAZIER, L.; R., Keith. 1982. Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive psychology*, v. 14, n. 2, p. 178-210.
- GORRELL, P. 1999. Sentence Processing. In: WILSON, R. A.; KEIL, F. C. *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences*. Cambridge: MIT Press. p. 748-751.



- GRIFFIN, Z. M. & BOCK, K. 2000. What the eyes say about speaking. *Psychological Science*, v. 11, n. 4, p. 274-279.
- HAYHOE, M. M. 2004. Advances in relating eye movements and cognition. *Infancy*, v. 6, p. 267-274.
- HENDERSON, J. M. & FERREIRA, F. 2004. Scene perception for psycholinguists. In: \_\_\_\_\_ (Eds.). *The interface language, vision and action: eye movements and the visual world*. Nova Iorque: Psychology Press.
- HUETTIG, F. & ALTMANN G. 2005. Word meaning and the control of eye fixation: semantic competitor effects and the visual world paradigm. *Cognition*, v. 96, p. 23-32.
- HUEY, E. B. 1908. *The psychology and pedagogy of reading*. The Macmillan Company.
- HUNZIKER, H. W. 1970. Visuelle Informationsaufnahme und Intelligenz: Eine Untersuchung über die Augenfixationen beim Problemlösen. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie und ihre Anwendungen*. Disponível em: <<http://www.learning-systems.ch/multimedia/forsch1e.htm>>. Acesso em: jan, 2015.
- INHOFF, A. W. & RAYNER, K. 1986. Parafoveal word processing during eye fixations in reading. *Perception & Psychophysics*, v. 40, p. 431-439.
- IRWIN, D. E. 2004. Fixation location and fixation duration as indices of cognitive processing. In: Henderson J. M.; Ferreira, F. *The interface language, vision and action: eye movements and the visual world*. Nova Iorque: Psychology Press.
- JUHASZ, B. & POLLATSEK, A. 2011. Lexical influences on eye movements in reading. In: LIVERSEDGE, S.; GILCHRIST, I.; EVERLING, S. (Eds). *The Oxford Handbook of Eye Movements*. Oxford: Oxford University Press. p. 873-893.
- JUST, M. A. & CARPENTER, P. A. 1980. A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological review*, v. 87, n. 4, p. 329.
- KAMIDE, Y. 2008. Anticipatory processes in sentence processing. *Language and Linguistics Compass*, v. 2, n. 4, p. 647-670.
- KAMIDE, Y.; ALTMANN, G. & HAYWOOD, S. L. 2003. The time-course of prediction in incremental sentence processing: Evidence from anticipatory eye-movements. *Journal of Memory and Language*, v. 49, p. 133-59.
- KHAN, A. Z. & CRAWFORD, J. D. 2001. Ocular dominance reverses as a function of horizontal gaze angle. *Vision research*, v. 41, n. 14, p. 1743-1748.

- KIRKBY, J. A.; WEBSTER, L. A.; BLYTHE, H. I. & LIVERSEDGE, S. P. 2008. Binocular coordination during reading and non-reading tasks. *Psychological Bulletin*, v. 134.
- KLEIN. 2013. *O processamento do pronome em crianças com TDAH e Dislexia: um estudo através da análise dos movimentos oculares*. Tese. Orientadora: Vera Wannmacher Pereira.
- KNOEFERLE, P.; CROCKER, M. W.; SCHEEPERS, C. & PICKERING, M. J. 2005. The influence of the immediate visual context on incremental thematic role-assignment: evidence from eye-movements in depicted events. *Cognition*, v. 95, p. 95-127.
- KOMOGORTSEV, O. V.; GOBERT, D. V.; JAYARATHNA, S.; KOH, D. H. & GOWDA, S. M. 2010. Standardization of automated analyses of oculomotor fixation and saccadic behaviors. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, v. 57(11), p. 2635-2645.
- LAND, M. F. 2011. Oculomotor behaviour in vertebrates and invertebrates. *The Oxford Handbook of Eye Movements*.
- LEITAO, M. M.; RIBEIRO, A. J. C. & MAIA, M. A. R. 2012. Penalidade do Nome Repetido e Rastreamento Ocular em Português Brasileiro. *Linguística* (Rio de Janeiro), v. 8, p. 65-92.
- LIVERSEDGE, S. P. 2008. Fixation disparity during reading: fusion, not suppression. *Journal of Eye Movement Research*.
- LIVERSEDGE, P. & FINDLAY, J. M. 2000. Saccadic eye movements and cognition. *Trends in cognitive sciences*, v. 4, n. 1, p. 6-14.
- LUEGI, P. 2006. *O registro do movimento dos olhos durante a leitura de textos*. Dissertação (Mestrado em Letras) - Universidade de Lisboa.
- \_\_\_\_\_; COSTA, A. & FARIA, I. H. 2010. Analisando os comportamentos oculares durante a leitura. *LinguiStica*, v. 5, n. 1, p. 62-80.
- MAIA, M. A. R. 2008. Processos bottom-up e top-down no rastreamento ocular de imagens. *Veredas* (UFJF), v. 2, p. 8-23.
- MARTINEZ-CONDE, S.; MACKNIK, S. L. & HUBEL, D. H. 2004. The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 5, p. 229-240.
- \_\_\_\_\_; OTERO-MILLAN, J. & MACKNIK, S. L. 2013. The impact of microsaccades on vision: towards a unified theory of saccadic function. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 14, n. 2, p. 83-96.
- MITCHELL, D. C. 2004. On-line methods in language processing: Introduction and historical review. In: CARREIRAS, M.; CLIFTON JR, C. *The on-line study of sentence comprehension: Eyetracking, ERPs and beyond*. Psychology Press. p. 15-32.
- O'REGAN, J. K. 1992. Solving the 'real' mysteries of visual perception: the world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology*, v. 46, p. 461-488.

- PETERSON, M. A. 2003. Vision: Top-down effects. In: *Encyclopedia of Cognitive Science*, vol. 4, p. 500–504.
- PORAC, C. & COREN, S. 1976. The dominant eye. *Psychological Bulletin*, v. 83, p. 880–897.
- POSNER, M. I.; SNYDER, C. R. & DAVIDSON, B. J. 1980. Attention and the detection of signals. *Journal of experimental psychology: General*, v. 109, n. 2, p. 160.
- RAYNER, K.; Clifton Jr. 2009. Language Processing in Reading and Speech Perception is Fast and Incremental: Implications for Event Related Potential. *Biol Psychol*, v. 80, p. 4-9.
- RAYNER, K. & DUFFY, S. A. 1986. Lexical complexity and fixation times in reading: Effects of word frequency, verb complexity, and lexical ambiguity. *Memory & Cognition*, v. 14, n. 3, p. 191-201.
- \_\_\_\_ & POLLATSEK, A. 1989. *The Psychology of Reading*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- \_\_\_\_ & WELL, A. D. 1996. Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychonomic Bulletin & Review*, v. 3, p. 504–509.
- REICHLER, E. D. 2011. Serial-attention models of reading. In: LIVERSEGE, S. P.; GILCHRIST, I. D.; EVERLING (Ed.). *Oxford handbook on eye movements*. Oxford, UK: Oxford University Press. p. 767–786.
- RICHARDSON, D.; SPIVEY, M. J. 2004. Eye-tracking: characteristics and methods. In: Wnek, G.; Bowling, G. (Eds.). *Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering*. Nova Iorque: Informa Healthcare.
- RODRIGUES, E. S.; BARCELLOS, J. S. & FORSTER, Renê. 2014. Da ideia à expressão linguística: questões de incrementalidade na transposição de informação do nível da mensagem para o da formulação sintática. In: 29o. Encontro Nacional da ANPOLL, 2014. *Programação...*
- SALVUCCI, D. D. & GOLDBERG, J. H. 2000. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications*. ACM. p. 71-78.
- SINGH, H. & SINGH, J. 2012. Human Eye Tracking and Related Issues: A Review. *International Journal of Scientific and Research Publications*, v. 2.
- SPIVEY, M. J.; TANENHAUS, M. K.; EBERHARD, K. E. & SEDIVY, J. C. 2000. Eye movements and spoken language comprehension: Effects of visual context on syntactic ambiguity resolution. *Cognitive Psychology*.
- TANENHAUS, M. K. & BROWN-SCHMIDT, S. 2008. Language processing in the natural world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1493, p. 1105-1122.

- \_\_\_\_\_; MAGNUSON, J. W.; DAHAN, D. & CHAMBERS, C. 2000. Eye movements and lexical access in spoken-language comprehension: evaluating a linking hypothesis between fixations and linguistic processing. *Journal of psycholinguistic research*, v. 29, p. 557-580.
- \_\_\_\_\_; SPIVEY-KNOWLTON, M. J.; EBERHARD, K. M. & SEDIVY, J. E. 1995. Integration of visual and linguistic information in spoken language comprehension. *Science*, v. 268, p. 1632-1634.
- TEIXEIRA, E. N.; FONSECA, M. C. M. & SOARES, M. E. 2014. Resolução do pronome nulo em Português Brasileiro: Evidência de movimentação ocular. *Veredas* (UFJF. Impresso), v. 19, p. 281-301.
- TOOBII. 2011. *Accuracy and precision test method for remote eye trackers*.
- TRAXLER, M. J.; MORRIS, R. K. & SEELY, R. E. 2002. Processing subject and object relative clauses: Evidence from eye movements. *Journal of Memory and Language*, v. 47, n. 1, p. 69-90.
- TRUESWELL, John C.; TANENHAUS, Michael K. & GARNSEY, Susan, M. 1994. Semantic influences on parsing: Use of thematic role information in syntactic ambiguity resolution. *Journal of memory and language*, v. 33, n. 3, p. 285-318.
- UNDERWOOD, G. & EVERATT, J. 1992. The role of eye movements in Reading: some limitations of the eye-mind assumption. In: CHEKALUK, E. & LLEWELLYN, K. R. *The role of eye movements in perceptual processes*. Elsevier.
- VAN BEERS, Robert J. 2008. Saccadic eye movements minimize the consequences of motor noise. *PLoS One*, v. 3, n. 4.
- VONK, W. & COZIIN, R. 2003. On the treatment of saccades and regressions in eye movement measures of reading time. In: RADACH, R.; HYONA, J. & DEUBEL, H. (Ed.). *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research*. Elsevier. p. 291-312.
- YANG, F.; MO, L. & LOUWERSE, M. M. 2013. Effects of Local and Global Context on Processing Sentences with Subject and Object Relative Clauses. *Journal of psycholinguistic research*, v. 42, n. 3, p. 227-237.