

prova do miolo

Marije Soto

Marília Uchôa Cavalcanti Lott de Moraes Costa

**INTRODUÇÃO À
NEUROFISIOLOGIA
DE LÍNGUAS DE SINAIS:**

**INVESTIGAÇÃO DO PROCESSAMENTO LEXICAL
COM EXPERIMENTOS PSICOLINGÜÍSTICOS E ERP**

prova do miolo

prova do miolo

RESUMO:

Este capítulo aborda a neurofisiologia das línguas de sinais, com foco no processamento lexical por meio de estudos psicolinguísticos e Potenciais Relacionados a Eventos (ERPs). A técnica de ERPs, associada a paradigmas experimentais do tipo priming semântico e fonológico, tem o potencial de mapear o curso temporal do processamento de sinais e revelar a sua complexidade cognitiva, evidenciando diferenças e semelhanças com línguas orais. A presença de fenômenos específicos, fruto da modalidade visuoespacial, como a interação entre diferentes parâmetros fonológicos e a iconicidade lexical, tem sido objeto de pesquisas empíricas, principalmente nas últimas duas décadas. Esses estudos apontam que informações fonológicas parciais parecem antecipar a ativação semântica; no entanto, os resultados ainda são inconclusivos no que tange a influência da iconicidade no processamento. Estudos de ERPs têm sido aplicados na UFRJ desde os anos 2000, porém até agora não com libras, talvez por faltar um entendimento mais profundo quanto aos desafios políticos e linguísticos de estudar neurofisiologicamente uma língua minoritária como essa. Esperamos com este texto apresentar a riqueza científica desse campo e a necessidade de incluir maior diversidade linguística nos estudos da neurociência das línguas de sinais.

Palavras-chave: línguas de sinais, neurociência de linguagem, acesso lexical, ERP, psicolinguística.

INTRODUÇÃO

Desde que novas técnicas e metodologias na área de neurociência permitiram a investigação do funcionamento e organização do cérebro de forma mais ampla a partir da década de 80, o estudo de linguagem, como um dos componentes cognitivos mais marcantes, e seus substratos neuronais deslançou. Esse movimento logo incluiu também estudos com línguas de sinais, embora em menor escala e com menor diversidade linguística inicialmente. Estudos de neuroimagem apresentam evidências neurofisiológicas daquilo que linguistas postulavam como esperado, ou seja, que houvesse correlatos localizacionais entre línguas orais e de sinais. Foi observado que como as línguas orais, línguas de sinais ativam um circuito neuronal especializado, que recruta áreas frontais e temporais e é marcado por engajamento relativamente maior do hemisfério esquerdo. Desse modo, ficou reforçada a complexidade cognitiva e natureza inerentemente simbólica e linguística das línguas de sinais (Cf. revisões de Corina e Knapp, 2006; MacSweeney *et al.*, 2008; Emmorey, 2021).

No entanto, a neurociência não só contribuiu na investigação de bases cognitivas e neuronais comuns entre línguas sinalizada e oral, mas também permitiu aprofundar o entendimento de propriedades que são específicas às línguas sinalizadas, tais como aspectos perceptuais sensoriais da modalidade visuoespacial, a configuração do sistema fonológico, e o maior índice de iconicidade, para mencionar algumas. A metodologia de encefalografia (EEG) / Potenciais Relacionados a Eventos (ERPs) tem contribuído de modo especial para abordar essas particularidades, pois é capaz de monitorar os processos neuronais com grande precisão temporal, diferente das técnicas de neuroimagem, que costumam ter grande precisão espacial. Desta forma, a técnica EEG/ERP permite mapear as operações cognitivas com alta granularidade temporal que oferece duas vantagens: (i) permite flagrar as operações enquanto ocorrem, assim estabelecendo diferenças ou justamente sobreposições nos mecanismos de determinados níveis cognitivos; (ii) evita depender de medidas comportamentais que podem refletir processos mais estratégicos e sofrer viés de conhecimento metalinguístico ou de (pré)julgamentos linguísticos em vez de refletir os mecanismos mais internalizados (Soto, 2014).

EEG/ERP se estabeleceu na UFRJ nos anos 2000 com estudos voltados para a linguagem, com a primeira tese defendida (França, 2002). Desde então, diversos trabalhos foram publicados ampliando seu escopo de estudo na área de neurociência da linguagem com trabalhos desde o acesso lexical (ex. Soto, 2014), processamento semântico-sintático (Gomes, 2014) até trabalhos de aquisição de linguagem (Costa, 2015).

Em 2014, é fundado o departamento de Letras-Libras e os cursos de graduação em Letras-Libras, e assim começa uma possibilidade ampliada de estudos voltados para libras. Nos últimos 10 anos, construímos um arcabouço de conhecimento tanto sobre a técnica, quanto sobre os desafios políticos e linguísticos de estudar neurofisiologicamente uma língua minoritária como a libras e já vislumbramos a implementação dessa técnica nos próximos anos. Dado que até o presente momento, não há publicações na área de neurolinguística sobre libras no país.

Neste capítulo, recortamos um tema dentro de uma literatura ampla de estudos de ERPs com línguas de sinais (Cf. uma revisão: Hernández; Puupponen; Tommi Jatunen, 2022). Focamos no processo de compreensão, mais especificamente no acesso lexical, incluindo os processos que necessariamente o precedem e influenciam, como a percepção sensorio-motora e o processamento fonológico de níveis sublexicais. Destacamos alguns dos fenômenos mais frequentemente abordados em estudos com metodologia EEG/ERP por serem considerados únicos para línguas de sinais, como sua modalidade visuoespacial, a interação no processamento de alguns dos parâmetros fonológicos e o processamento semântico e a presença de iconicidade lexical (Emmorey, 2021). Esperamos desse modo fazer um recorte que é, ao mesmo tempo, relevante e palatável para o público leitor e, que dê uma impressão inicial favorável à riqueza científica desse campo de estudos. Estudos que são capazes de, por um lado, fundamentar empiricamente o status cognitivo linguístico de línguas de sinais, e por outro lado, desmistificar algumas generalizações, aprofundando o entendimento sobre características próprias dessa modalidade linguística. No entanto, certamente ficará claro que ainda há grandes lacunas a serem preenchidas nessa literatura, principalmente por conta de falta de diversidade linguística. Portanto, esperamos que a leitura seja um convite para empreender pesquisas em libras como objeto de estudo nessa área a fim de dar maior validade empírica aos estudos neurocientíficos de línguas de sinais.

O QUE SERIA PROCESSAMENTO LEXICAL?

Um aspecto central ao conhecimento linguístico é o repertório lexical. No caso das línguas de sinais, é esse repertório que permite ao sinalizante reconhecer e produzir os sinais. Enquanto para línguas orais, a unidade lexical normalmente é referida como 'palavra', muitas vezes o termo 'sinal' é preferido em estudos de línguas sinalizadas. A discussão sobre essa distinção – se se trata de uma mera diferença terminológica ou se há diferenças fundamentais da sua natureza linguística

– é feita, entre outros, por Zeshan (2003). Ela argumenta que, por um lado, há vários indícios de analogias entre palavra e sinal: por exemplo, da mesma forma que falantes conceituam a noção de palavra, sinalizantes consideram o sinal uma unidade estável e autônoma de forma e significado. Também parece haver uma hierarquia fonológica nas línguas de sinais de que engloba algo semelhante ao nível de palavra fonológica em línguas orais, embora os parâmetros fonológicos contemplem as especificidades da modalidade visuo-espacial. Neste capítulo, consideramos como parâmetros: a configuração de mão, ponto de articulação, movimento, orientação e expressões não-manuais (faciais e corporais) (para um tratamento aprofundado, Cf. Brentari, 2019). Uma discussão em nível teórico sobre as analogias e diferenças entre palavra e sinal foge do escopo desse capítulo, mas partimos de uma pressuposição de semelhança, todavia, preferindo o termo lexical para se referir a ambos, sinal e palavra, embora os dados discutidos ao longo desse texto também apontem diferenças cognitivas interessantes.

Na sua definição mais simples, o item lexical constitui um mapeamento estável entre uma forma fonológica e um significado. Ao compreender um sinal, o sinalizante passa por vários estágios de processamento, que vão do processamento perceptual sensorial, ao subsequente engajamento de conhecimentos fonológicos e semânticos, para que no final possa haver uma integração semântica e interpretação de sentido associados a esse sinal. A literatura usa o termo acesso lexical normalmente para se referir ao momento em que a representação lexical é ativada levando ao reconhecimento, mas infere-se que esse momento é, na verdade, o acúmulo de várias operações cognitivas e possivelmente não ocorre em um momento único. Desse modo, neste capítulo utilizamos os termos processamento e acesso lexical de forma intercambiável levando em conta a variedade e incrementalidade dos processos envolvidos.

Várias propriedades dos itens lexicais podem ter influência no seu processamento, tais como frequência de uso, densidade da vizinhança fonológica (e.g. com amplitude maior ou menor a depender do engajamento cognitivo), nível de concretude, previsibilidade no contexto, para mencionar alguns (Kutas; Federmeier, 2011). Nas próximas seções, ficará evidente que a influência desses aspectos evidencia uma certa universalidade no processamento lexical de sinais e, palavras faladas e escritas (Emmorey, 2021).

Sobre os diferentes níveis linguísticos envolvidos no processamento lexical, pressupõe-se que as representações e operações cognitivas do domínio fonológico apresentem uma certa autonomia em relação às do domínio semântico. Esse entendimento, fundamentado no conceito teórico da dupla articulação, encontra

respaldo em achados empíricos. Emmorey (2021) cita estudos de produção que revelam que sinalizantes produzem erros de articulação incidentais (Hohenberger *et al.*, 2002). Por exemplo, um sinalizante pode, sem querer, realizar um sinal usando a configuração de mão do sinal que seria produzido logo a seguir (análogo a fenômenos de 'lapsos' do tipo 'polha de fapel' em línguas orais). Outro fenômeno estudado na literatura é quando a pessoa tem uma sensação de saber que sinal quer usar, mas fica momentaneamente sem conseguir lembrar *como* sinalizar, também conhecido como efeito de estar "na ponta dos dedos" (Thompson *et al.*, 2005). Essas observações mostram que há certa independência de processos fonológicos (flagrados no lapso) e semânticos (flagrados no 'esquecimento' da forma).

No entanto, a arbitrariedade entre o nível semântico e fonológico pode não ser tão absoluta para línguas de sinais, de acordo com Zehsan e Palfreyman (2017). Os autores argumentam que a distinção entre níveis fonológico e morfológico, que em línguas orais separa sistema não-significativo e significativo, não é tão nítida, vista a possibilidade de haver unidades submorfêmicas significativas. Como exemplo citam o movimento e a orientação, considerados parâmetros fonológicos, que podem expressar significados gramaticais icônicos, quando indicando uma relação de transitividade ligando elementos representando referentes, tais como verbos de concordância. Para o reconhecimento de sinais, isso pode significar que, mais rapidamente, comparado a línguas orais, pistas semânticas ficam disponíveis durante o processamento lexical. Cada parâmetro fonológico pode ter uma influência distinta no processamento, sendo um facilitador ou ainda mais potencialmente imbuídos de significado, comparado a outro.

Além do exemplo de iconicidade já mencionado, pode também haver um caráter mais diretamente visual, como o caso da sinalização do sinal CASA, representado pelas mãos formando algo assemelhando um teto, ou a de verbos incorporando o movimento da ação, como em COMER. Como veremos, a possível especificidade que isso traz para a representação semântica dos sinais e seu processamento é algo bastante estudado na literatura.

Para poder entender as particularidades do processamento lexical de sinais, não basta apenas investigar o resultado final do reconhecimento lexical. É preciso flagrar os mecanismos cognitivos implícitos enquanto acontecem, mapeando os detalhes do curso temporal, para que possamos entender mais claramente qual a natureza da informação linguística em jogo, e em que momento do processamento contribuem para o reconhecimento e interpretação final. Uma das metodologias que tem a granularidade necessária para fazer investigações a esse nível é a de Potenciais Relacionados a Eventos (ERPs) que junta a coleta de sinais de eletroencefalografia (EEG) a paradigmas experimentais da psicolinguística.

O QUE É A METODOLOGIA EEG/ERP?

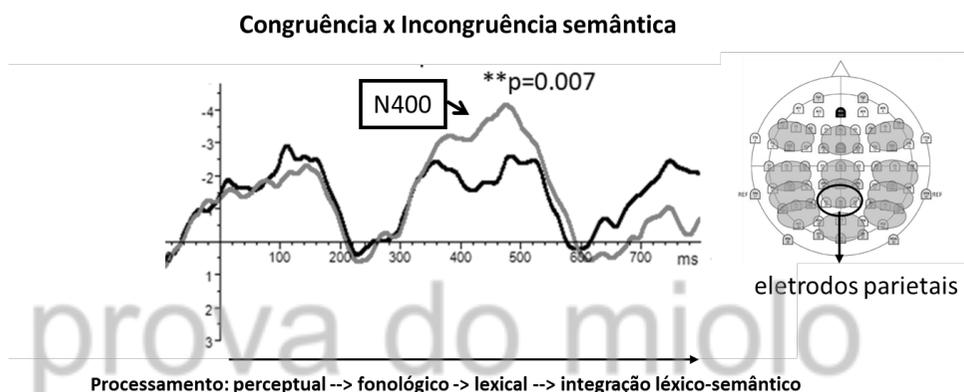
No campo de neurociência de linguagem, muitos métodos utilizados são advindos da psicologia experimental, dentro de uma perspectiva quantitativa. Desse modo, os pesquisadores objetivam coletar, de modo controlado, um grande número de observações comportamentais e neurofisiológicas em relação a um fenômeno linguístico. Dentro do contexto de um estudo de ERP, o participante é apresentado a muitos estímulos, no caso, sinais, que podem estar em forma de foto ou vídeo; cada apresentação de um estímulo configura um *evento* cognitivo (ex. reconhecer um sinal). Enquanto o participante vê os estímulos, sinais de EEG são coletados em vários eletrodos colocados no couro cabeludo acoplados a um equipamento de EEG, que está conectado a um computador. O computador que grava os sinais de EEG coletados também grava o momento exato em que o estímulo começa a ser apresentado. Devido a essa sincronização temporal, o pesquisador pode analisar, com grande precisão, a resposta neurofisiológica a cada estímulo, em forma de ondas neuronais. Essas ondas neuronais representam flutuações de potenciais elétricos em decorrência de atividade pós-sináptica de populações neuronais engajadas nos processos cognitivos sob estudo (Soto, 2014; Luck, 2014). Para captar uma resposta mais robusta e interpretável, é necessário que repetidas observações de respostas neurofisiológicas a um mesmo tipo de estímulo (ex. sinais icônicos) sejam usadas para gerar uma média (o ERP) que pode ser comparada a uma outra média também fruto de repetidas observações (ex. de sinais não icônicos) para poder contrastar modulações nos sinais sob efeito da variável sob estudo (ex. o sinal ser ou não ser icônico).

As propriedades dessas ondas que mais comumente são exploradas são a amplitude, a latência e a distribuição no escalpo. Na Figura 1, podemos observar que ao comparar os dois traçados dos ERPs coletados, o vermelho apresenta um pico maior (no caso uma amplitude mais negativa, plotada para cima, por convenção), o qual começa a se diferenciar a partir de cerca de 350ms até 550ms (a latência), e que esses sinais foram coletados no eletrodo localizado na parte posterior, ou parietal, do couro cabeludo (a distribuição) (Soto; França, 2021).

Uma vasta literatura nos mostra que essas respostas costumam ser previsíveis, dentro de determinados contextos experimentais, e que têm uma interpretação cognitiva bastante robusta. Assim, os ERPs na Figura 1 ilustram um dos componentes de ERP mais estudados, o N400, com pico com polaridade negativa que surge por volta de 400ms após o início da apresentação do estímulo quando esse apresenta algum tipo de violação ou implausibilidade semântica: a palavra

pera, não é esperada no contexto de *Mesmo sem capacete, João dirige a _____ feito louco*. A amplitude maior do traçado vermelho refletiria, então, um maior esforço no processamento semântico no acesso lexical ou na integração semântica da palavra alvo inesperada nesse contexto, comparada a resposta à palavra alvo esperada (em preto), que apresenta pico menos negativo (Soto; França, 2021). Efeitos semelhantes de violação ou implausibilidade semântica também foram encontrados em estudos com línguas de sinais (Grosvald *et al.*, 2012; Hosemann *et al.*, 2013).

Figura 1 – ERPs com efeito de N400



Comparação de ERPs em resposta a palavras alvo em contextos com violação semântica (ex. Até sem capacete, João dirige a pera feito louco) e em contextos congruentes (ex. Até sem capacete, João dirige a moto feito louco).

Fonte: elaborado pelas autoras, 2024, adaptada com permissão de Soto e França (2021)

A partir da correlação entre as características dessas respostas e suas possíveis interpretações da sua relevância e significado cognitivo, vários aspectos do processamento lexical podem ser investigados. Não só componentes como o N400 são achados robustos, respostas típicas mais imediatas nos intervalos que antecedem os 400ms se mostraram sensíveis a características fonológicas e as mais rápidas a características físicas sensoriais dos estímulos linguísticos. Dessa forma, a metodologia de EEG/ERP é por excelência apta a estudar o desenrolar do processamento lexical, do processamento perceptual até a integração semântica (veja Figura 1). No entanto, flagrar componentes de ERP requer um contexto experimental altamente controlado, evitando efeitos não previsíveis e aleatórios, e tarefas experimentais bem planejadas a fim de isolar os mecanismos cognitivos em foco. Para isso, ao longo de mais de 60 anos de pesquisa, a psicolinguística tem desenvolvido vários paradigmas experimentais, para procedimentos e controle de estímulo refinados com efeitos bem documentados, para melhorar a confiabilidade da interpretação dos resultados.

MÉTODOS EXPERIMENTAIS PARA ESTUDO DE PROCESSAMENTO LEXICAL

O método mais comum para investigar o que está em jogo durante o processamento lexical é o chamado de *priming*, que basicamente consiste na apresentação de dois estímulos um depois do outro, para medir a influência do primeiro sinal (o *prime*) em relação ao processamento do segundo (o alvo) pela natureza da relação entre os dois estímulos que pode ser experimentalmente manipulada. Por exemplo, quando são apresentados os sinais TELEFONE e DESCULPA (em libras), um depois do outro, pelo fato de eles compartilharem a mesma configuração manual em Y, pode haver um *priming* fonológico; isto é, o traço fonológico compartilhado ativado ao ver o *prime* facilita o reconhecimento do sinal alvo apresentado logo em seguida. Quando a relação entre os dois sinais é de natureza semântica (como em FOME e COMER), o reconhecimento do segundo sinal pode ser facilitado pela pré-ativação dos traços semânticos no processamento do *prime*. No entanto, os mecanismos que subjazem ao efeito de *priming* em cada caso podem se manifestar com qualidade distinta (ex. com amplitude maior reflexo do engajamento cognitivo) ou em momentos distintos (ex. após 200ms ou após 400ms), o que pode revelar especificidade dos processos fonológicos e semânticos.

Ainda pode ser aplicado um *design* de *priming* de repetição; pois, sabe-se que a repetição do mesmo estímulo facilita o acesso ao alvo. Contudo, a depender das variáveis experimentais testadas, esse efeito pode se dar de forma diferente. Por exemplo, pares de sinais frequentes podem gerar efeitos de repetição mais fortes do que sinais infrequentes.

Portanto, o paradigma experimental de *priming* permite manipular e isolar propriedades lexicais relevantes, e controlar o contexto prévio do sinal alvo apresentado. Há outras formas de isolar propriedades lexicais relevantes em outros contextos como o sentencial, como mostrado no exemplo da violação semântica na seção anterior. O processamento de sinais elicia os componentes característicos de ERPs tanto no ambiente de *priming*, quanto no ambiente sentencial, sendo a amplitude o termômetro mais relevante para medir a facilidade (picos menores), a dificuldade ou o engajamento cognitivo (pico maior).

No entanto, é igualmente importante controlar a tarefa experimental proposta aos participantes, já que ela pode engajar processos cognitivos específicos ou até estratégicos. A tarefa serve para garantir a participação do voluntário no processamento dos estímulos de um determinado modo, e, por vezes, de distrair o

participante do objetivo implícito do experimento. Assim, para testar o engajamento no processamento lexical, o pesquisador pode apresentar sinais (reais) e pseudo-sinais. Os pseudo-sinais apresentam propriedades fonologicamente possíveis, porém, sem configurar um sinal existente na língua sob estudo. O pesquisador pode, então, contrastar padrões de ativação, que para ambos os tipos de estímulos devem refletir processamento fonológico, mas que apenas para um dos tipos de estímulos leva ao processamento lexical e semântico. Muitas vezes, esse contraste é acompanhado por uma tarefa de decisão lexical (“é uma palavra ou não?”). Comparativamente, uma tarefa de detecção de repetição requer menor aprofundamento no processamento, e pode destacar processos perceptuais e fonológicos, uma vez que para essa tarefa, o participante apenas precisa detectar se o estímulo apresentado é uma repetição do estímulo imediatamente anterior. Já para garantir um processamento semântico, uma tarefa de categorização semântica pode ser mais adequada. A configuração dessa tarefa requer geralmente resposta apenas em um caso (ex. “aperte o botão somente quando o sinal é um animal”), mas requer para sua decisão uma análise semântica de todos os sinais vistos (É ou não é?). Nas próximas seções veremos vários exemplos dos paradigmas apresentados e como as respostas podem ser interpretadas.

DO PROCESSAMENTO FONOLÓGICO AO ACESSO LEXICAL

O primeiro passo para a ativação de representações fonológicas nas línguas de sinais é o processamento perceptual sensorial de características visuoespaciais do sinal. Em indivíduos sinalizantes em uma língua de sinais, o processamento perceptual ativa representações fonológicas. Uma contribuição dos estudos de ERP foi evidenciar empiricamente o status cognitivo do nível fonológico previsto em modelos teóricos e estudos descritivos linguísticos. Um exemplo mais recente é o estudo de Meade (2022) que comparou um grupo de ouvintes não-sinalizantes e um grupo de surdos sinalizantes da Língua Americana de Sinais (ASL) ao serem expostos a sinais em um experimento de *priming* com tarefa de detecção de repetição. Embora os ERPs de ambos os grupos apresentassem os efeitos de *priming* nos primeiros momentos de processamento, refletindo sensibilidade durante o processamento sensorial, apenas para o grupo de sinalizantes, o *priming* afetou as respostas na janela temporal de N400 e também no intervalo posterior. Ademais, enquanto a facilitação de *priming* para os não-sinalizantes era particularmente

afetada pelo parâmetro de ponto de articulação, nos sinalizantes, a configuração de mão foi de maior influência. Portanto, a maior sensibilidade ao parâmetro fonológico mais detalhado, bem como o mapeamento subsequente para representações lexicais, evidencia a dependência dessa resposta de um conhecimento especificamente linguístico, e não de reconhecimento perceptual qualquer (para um estudo que chegou a conclusões semelhantes, Cf. Brozdowski, 2018).

O efeito de violação semântica também tem sido utilizado para estudar o reconhecimento fonológico e seu efeito no processamento semântico. Grosvald *et al.* (2012) comparou a compreensão de quatro tipos de sinais no final de um contexto sentencial em ASL, MENINO DOMIR SUA...: (i) um sinal congruente com o contexto, CAMA; (ii) um sinal incongruente com o contexto, LIMÃO; (iii) um pseudo-sinal, o sinal de CAMA com outra configuração de mão; e (iv) um gesto não-linguístico, o sinalizante coçando o rosto²². Enquanto os sinais dos grupos incongruente e pseudo-sinais eliciaram uma resposta neurofisiológica típica do efeito N400, refletindo maior esforço cognitivo durante o processamento semântico dificultado, o gesto não-linguístico levou a uma resposta diferente: uma onda positiva maior e mais tardia. Isso mostra que o sistema cognitivo distingue entre sinais fonologicamente possíveis, incluindo pseudo-sinais, e gestos que não tem significado fonológico.

Uma diferença marcante entre palavras faladas e sinais é a visibilidade dos articuladores. Na sinalização, a articulação dos sinais ocorre com os articuladores, em geral, visíveis ao interlocutor. Isso contrasta com a articulação de línguas orais em que muitos dos articuladores e pontos de articulação ocorrem no interior do aparelho fonador, sendo portanto oclusas para o interlocutor. Informações acústicas tornam-se importantes para o processamento da fala oral e que se desenrolam ao longo da produção sonora, não podendo, portanto, ser antecipadas. Além de ser externamente visível, a informação fonológica na produção de sinais pode se apresentar de forma mais simultânea. No entanto, a produção de sinal pode ser mais demorada do que a produção de uma palavra falada; os articuladores saem de uma posição de repouso ou da sinalização do sinal antecedente até formar a

22 Relembramos que um pseudo-sinal apresenta propriedades fonologicamente possíveis, porém, sem configurar um sinal existente na língua sob estudo. No exemplo citado, o sinal CAMA em ASL é formado encostando a mão com palma aberta contra o lado do rosto; um experimentador pode criar um pseudo-sinal a partir desse sinal, trocando a configuração da mão por outra (ex. em forma de n), mantendo todos os outros parâmetros fonológicos. O objetivo do pseudo-sinal é de se formar um estímulo experimental com características fonológicas que o sinalizante reconheça, sem que ele consiga recuperar daquela forma algum significado. Em oposição, o gesto de 'coçar o rosto', é um tipo de estímulo que não apresentaria propriedades fonológicas. O sinalizante pode até ser familiar com o gesto, que pode ocorrer 'na vida real'; mas o gesto não ativa nenhuma representação fonológica, e, portanto, seria considerado 'não linguístico'.

configuração mais característica do sinal; esses movimentos transicionais podem se estender, chegando a durar 360ms (Emmorey, Midgley e Holcomb, 2021). No entanto, durante esse período, várias pistas já podem ser percebidas. Por exemplo, a configuração da mão já pode ser (semi)formada logo no início, ou pode ser observado se apenas uma ou duas mãos estão envolvidas, ainda a trajetória de movimento da mão para o local de articulação pode gerar uma antecipação sobre o provável ponto final de articulação. De fato, o estudo de Emmorey, Midgley e Holcomb (2021) mostrou que participantes conseguem aproveitar essa informação para antecipar o acesso lexical, antes mesmo que o sinal chegue a sua realização plena. Os autores flagraram efeitos de *priming* de repetição não só no componente de N400, associado ao processamento lexical-semântico, mas também nos momentos que precedem essa marca neurofisiológica, a partir dos 200ms. Ou seja, sinalizantes usam informações fonológicas parciais durante a fase de transição para fazer previsões lexicais, o que sugere que são sensíveis a aspectos semânticos, mais rapidamente no curso temporal do processamento, comparado a ouvintes no caso de palavras ouvidas.

Um desdobramento metodológico desse achado é que a assinatura neurofisiológica associada ao acesso lexical é observada nos participantes em momentos distintos a depender se os estímulos sinalizados são apresentados a eles, por vídeo ou por foto. No caso de foto, que já apresenta o sinal em forma congelada, o curso temporal das ondas de ERP é semelhante aquele com palavras apresentadas auditivamente em línguas orais. Já em sinais apresentados por vídeo, os componentes se antecipam em relação a esse momento e se sustentam por mais tempo (Emmorey; Midgley; Holcomb, 2021).

No entanto, nem todos os parâmetros fonológicos têm o mesmo efeito no processamento fonológico: vimos que a configuração de mão exerce maior influência na antecipação do acesso lexical que o ponto de articulação (Meade *et al.*, 2021). Inclusive, específicos aspectos fonológicos podem ter sobreposição com aspectos lexicais, como a frequência. A frequência lexical reflete o nível de prontidão de ativação (facilidade de ativar) por influência de experiência linguística com dado sinal. No entanto, esses efeitos podem se dever à frequência da forma (fonológica) do sinal, quanto pela frequência do sinal como item lexical. Emmorey *et al.* (2020) observa que os índices de frequência lexical dos sinais se correlacionavam com as modulações de componentes bem imediatos de P1 e N1 (P1 e N1 são ERPs com amplitudes positivos e negativos, respectivamente, que surgem 100 ms após a apresentação do estímulo e que estão robustamente associados a processos de decodificação visual). Os autores interpretaram esse efeito

durante a fase perceptual a uma sensibilidade à frequência de determinadas configurações de mão, ou seja, à forma e não a propriedades léxico-semânticas, já que sinais mais frequentes tendem a ser compostos de configurações manuais mais frequentes também.

Outros parâmetros fonológicos, considerando aqui além da configuração de mão, ponto de articulação, movimento, orientação e expressões não-manuais (faciais e corporais) (Brentari, 2019) também foram objeto de estudo, embora nem todos fossem abordados em estudos de ERPs (Emmorey, 2021). Na língua de sinais espanhola (LSE), Gutiérrez *et al.* (2012a) investigaram o efeito de facilitação de *priming* fonológico para sinais e pseudo-sinais. Eles apresentaram pares de *prime* e alvo, com repetição de configuração de mão, e outros pares com ponto de articulação em comum. Para o parâmetro de localização, eles encontraram um efeito *reverso*: em vez do efeito facilitador esperado, o N400 evidenciou maior esforço cognitivo. Esse efeito não foi visto para o parâmetro de configuração de mão. Os autores interpretaram a dificuldade como um efeito de ativação lexical (sinais), já que não houve o mesmo efeito para os estímulos do tipo pseudosinal. Esse efeito seria explicado ao considerar que a configuração de mão e a localização podem pré-ativar representações sublexicais, o que facilitaria a ativação de múltiplos candidatos lexicais; a carga cognitiva maior observada no acesso lexical é, então, resultante da competição entre esses candidatos e a necessidade de inibi-los em favor da ativação do sinal alvo. No entanto, essa competição parece ser particularmente influenciada pelo ponto de articulação.

Meade *et al.* (2021) aprofundaram o entendimento dessa questão, ao proporem um design semelhante, com *priming* de repetição, manipulando os mesmos parâmetros, mas variando entre tarefas: detecção de repetição e categorização semântica. De fato, houve interações entre tarefa e tipo de parâmetro. Pares de *prime* e alvo que compartilharam a configuração de mão e o ponto de articulação eliciaram efeitos de facilitação em ambas as tarefas, confirmando a influência de reconhecimento de unidades sublexicais na ativação lexical. Contudo, para pares com sobreposição apenas de configuração de mão, efeitos de facilitação no N400 foram somente observados para a tarefa de repetição; já, para pares compartilhando parâmetro de localização houve replicação do efeito reverso já encontrado por Gutiérrez *et al.* (2012a). Ou seja, enquanto os pares compartilhando traços de

ponto de articulação tendiam à facilitação na tarefa de detecção de repetição, na tarefa de categorização semântica, os mesmos apresentavam dificuldade no acesso lexical. Todavia, Meade *et al.* (2021) frisam a importância de considerar não apenas o fator de quantidade de vizinhos (possíveis candidatos por semelhança fonológica) na competição entre candidatos, mas principalmente a natureza cognitiva das conexões entre representações fonológicas e lexicais que deve ser diferente para localização do que para configuração de mão.

Gutierrez *et al.* (2012b) ainda foram um passo além, manipularam semelhança semântica e fonológica (de parâmetro de ponto de articulação) de sinais alvo em um contexto sentencial. A ideia é que o contexto sentencial tem um efeito altamente preditivo (ex. No casamento da minha amiga, no qual sou madrinha, vou ter que vestir ...) gerando uma pré-ativação lexical do sinal mais esperado (no exemplo, o VESTIDO). A partir dos efeitos de sobreposição semântica e/ou fonológica do sinal esperado, os autores dividiram o processamento em três fases. Na primeira fase, foram observados efeitos de semelhança semântica, independentemente se também eram fonologicamente semelhantes ou não. Esse efeito semântico precoce foi julgado semelhante ao que alguns estudos com palavras escritas mostraram, sendo, dessa forma, atribuído à simultaneidade da apresentação visual comum à escrita e à sinalização – que contrasta com a linearidade da cadeia sonora da língua oral – o que permitiria uma antecipação de ativação de traços semânticos. A fase subsequente, os autores associam ao momento de competição lexical devido à sobreposição da característica fonológica de localização (análogo aos outros achados mencionados anteriormente) ou à competição por semelhança semântica. E a fase final estaria relacionada com o processo de integração léxico-semântica, na qual é observado o efeito de N400 previsto, refletindo ora maior dificuldade para aqueles sinais não relacionados, e menor dificuldade para a condição semântica e fonologicamente relacionada. Notavelmente, a semelhança por parâmetro de ponto de articulação, apresentou uma resposta refletindo dificuldade maior, e durante mais tempo, na integração semântica. De acordo com os autores, isso sugere que justamente a localização pode contribuir para uma interpretação semântica própria em alguns casos, que no contexto semântico das sentenças pode ter levado a uma interpretação incompatível, dificultando mais ainda a integração semântica.

INFORMAÇÕES LEXICO-SEMÂNTICAS E A INFLUÊNCIA DE ICONICIDADE

Embora a ideia de que exista uma possível relação icônica entre forma e significado dos sinais e que, portanto, isso seja um fator facilitador no processamento lexical, e até pareça plausível, há pouca evidência empírica para corroborá-la. De fato, ainda há poucos estudos de ERP que investigaram esse fenômeno na compreensão (para estudos de produção *Cf.* Baus; Costa, 2015; McGarry *et al.*, 2023).

Emmorey *et al.* (2020) compararam propriedades de frequência, concretude e iconicidade na compreensão de sinais em ASL em um estudo de ERP com tarefa de categorização semântica ("o sinal refere a pessoas²³?"). Concretude e iconicidade são propriedades que podem se sobrepor, mas não são idênticas. Índices de grau de concretude foram extraídos de testes em que participantes julgaram as palavras com instruções do tipo: julgue uma palavra como mais concreta quando se refere a "algo que existe na realidade", que "pode ser experienciada diretamente por meio dos seus sentidos (...) e ações" (Brysbart; Warriner; Kuperman, 2013, p. 906). Já julgamentos de iconicidade foram feitos por indivíduos surdos com instruções do tipo: sinais são mais icônicos "quando os sinais parecem com o que eles significam. (...) e podem talvez ser adivinhados por quem não conhece a língua" (Sevcikova Sehyr; Emmorey, 2019, p.16). Sinais com maiores índices de concretude eliciaram amplitudes maiores na janela temporal associada ao processamento léxico-semântico. Esse efeito é análogo à modulação do N400 para palavras concretas faladas e costuma ser associada à ativação de redes semânticas maiores enriquecidas por representações imagéticas e sensorial-motoras (Kutas; Federmeier, 2011). Não houve efeitos de iconicidade nos estágios relacionados a processamento lexical em si, e apenas um efeito muito fraco depois de 600ms. Efeitos de frequência foram mais imediatos, e atribuídos à frequência de forma fonológica do sinal.

Um estudo de Zhang, Cao e Li (2023) com Língua de Sinais Chinesa (LSC) replicou os mesmos efeitos de frequência precoces e efeitos de iconicidade mais tardios em um design experimental e tarefa semelhante, porém sem levar em conta a concretude. Todavia, os efeitos de iconicidade eliciados, nesse estudo, foram mais robustos e já começaram na janela do componente N400. Porém, como o traço de

concretude não foi controlado como possível fator, os efeitos de iconicidade podem ter se confundido com efeitos de concretude como sugere o estudo de Emmorey *et al.* (2020). Ademais, resultados com LSC sugerem que a iconicidade pode ter um efeito mais tardio, e parece, portanto, afetar processos cognitivos de natureza já mais estratégica (como tomada de decisão) e não os processos mais automatizados e imediatos. Isso poderia também explicar que efeitos de iconicidade são mais robustamente encontrados em aprendizes ouvintes de língua de sinais como L2 (Mott *et al.*, 2020) e por influência de tarefa, por exemplo, quando há sobreposição de elementos visuais entre as imagens usadas para eliciar a produção e os sinais alvo (McGarry *et al.*, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados apresentados nessa breve revisão permitem detalhar os processos cognitivos iniciais do processamento lexical, que envolvem a especificidade do curso temporal do processamento perceptual e fonológico em línguas de sinais. Vimos que o status representacional fonológico se reflete como distinto de mera percepção visuo-espacial nas respostas neurofisiológicas. Também apresentamos dados que mostram a influência do reconhecimento de unidades sublexicais na força preditiva durante a ativação de representações lexicais, possível contribuição semântica de determinadas pistas fonológicas, inclusive na fase de movimentos transicionais. Para processos semântico-lexicais fica demonstrado que a influência da iconicidade não é tão óbvia no acesso lexical. Ela pode ser confundida ainda com fatores como concretude, cujos efeitos têm uma vasta replicação na literatura sobre o processamento de palavras orais e escritas, mas ainda não para sinais.

Percebe-se que nesses estudos ainda há lacunas quanto à investigação dos parâmetros fonológicos, quanto aos efeitos de configurações metodológicas, como a temporalidade da apresentação de estímulos e os tipos de tarefa, e, acima de tudo, há carência de replicação robusta dos achados em um leque mais amplo de línguas de sinais. Esse último ponto reforça a ausência até hoje de estudos dessa natureza com libras e a necessidade de incluí-la nesse panorama.

REFERÊNCIAS

- ATKINSON, J. *et al.* Testing comprehension abilities in users of British Sign Language following CVA. **Brain and Language**, v. 94, n. 2, p. 233–248, ago. 2005.
- BAUS, C.; COSTA, A. On the temporal dynamics of sign production: An ERP study in Catalan Sign Language (LSC). **Brain Research**, v. 1609, p. 40–53, jun. 2015.
- BRENTARI, D. **Sign language phonology**. [s.l.] New York, Ny Cambridge University Press, 2019.
- BROZDOWSKI, C.R. **Forward Modeling in the Manual Modality: Linguistic and Nonlinguistic Predictions by American Sign Language Users**. University of California, San Diego. <https://escholarship.org/uc/item/2kk8z7sx> 1 jan. 2018.
- BRYLSBAERT, M.; WARRINER, A. B.; KUPERMAN, V. Concreteness ratings for 40 thousand generally known English word lemmas. **Behavior Research Methods**, v. 46, n. 3, p. 904–911, 19 out. 2013.
- CARREIRAS, M. *et al.* Lexical processing in Spanish Sign Language (LSE). **Journal of Memory and Language**, v. 58, n. 1, p. 100–122, jan. 2008.
- CORINA, D. P.; KNAPP, H. P. Psycholinguistic and Neurolinguistic Perspectives on Sign Languages *In: Handbook of Psycholinguistics*. Cambridge, Massachusetts: Academic Press, p.1001–1024, 2006 doi:10.1016/b978-012369374-7/50027-4
- COSTA, M. U. C. L. M. **Argument Structure in Language Acquisition: an ERP Study** - Tese (Doutorado) – UFRJ / Faculdade de Letras – Programa de Pós-graduação em Linguística, 2015.
- EMMOREY, K. *et al.* Neural Systems Underlying Spatial Language in American Sign Language. **NeuroImage**, v. 17, n. 2, p. 812–824, out. 2002.
- EMMOREY, K. *et al.* Neurophysiological Correlates of Frequency, Concreteness, and Iconicity in American Sign Language. **Neurobiology of Language**, v. 1, n. 2, p. 249–267, jun. 2020.
- EMMOREY, K.; MIDGLEY, K. J.; HOLCOMB, P. J. Tracking the time course of sign recognition using ERP repetition *priming*. **Psychophysiology**, v. 59, n. 3, 17 nov. 2021.
- EMMOREY, K. New Perspectives on the Neurobiology of Sign Languages. **Frontiers in Communication**, v. 6, 13 dez. 2021.
- GOMES, J.N. **Disambiguando o N400 e o P600: na interface sintaxe-semântica**. Tese (Doutorado) – UFRJ / Faculdade de Letras – Programa de Pós-graduação em Linguística, 2014.
- GROSVOLD, M. *et al.* Dissociating linguistic and non-linguistic gesture processing: Electrophysiological evidence from American Sign Language. **Brain and Language**, v. 121, n. 1, p. 12–24, abr. 2012.
- GUTIÉRREZ, E. *et al.* Electrophysiological evidence for phonological *priming* in Spanish Sign Language lexical access. **Neuropsychologia**, v. 50, n. 7, p. 1335–1346, jun. 2012a.

GUTIERREZ, E. *et al.* Lexical access in American Sign Language: An ERP investigation of effects of semantics and phonology. **Brain Research**, v. 1468, p. 63–83, ago. 2012b.

HERNÁNDEZ, D.; PUUPPONEN, A.; TOMMI JANTUNEN. The Contribution of Event-Related Potentials to the Understanding of Sign Language Processing and Production in the Brain: Experimental Evidence and Future Directions. **Frontiers in Communication**, v. 7, 23 fev. 2022.

HOHENBERGER, A.; HAPP, D.; LEUNINGER, H. Modality-dependent Aspects of Sign Language Production: Evidence from Slips of the Hands and Their Repairs in German Sign Language, in MEIER, R. P. *et al.* **Modality and structure in signed and spoken languages**. Cambridge. New York: Cambridge University Press, 2002.

HOSEMANN, J. *et al.* Lexical prediction via forward models: N400 evidence from German Sign Language. **Neuropsychologia**, v. 51, n. 11, p. 2224–2237, set. 2013.

KUTAS, M. HILLYARD, S.A. Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity. **Science**, p. 203–207, 1980.

KUTAS, M.; FEDERMEIER, K. D. Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). **Annual Review of Psychology**, v. 62, n. 1, p. 621–647, 10 jan. 2011.

LUCK, S. J. **An introduction to the event-related potential technique**. Cambridge, Mass.: Mit Press, 2014.

MACSWEENEY, M. *et al.* The signing brain: the neurobiology of sign language. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 12, n. 11, p. 432–440, nov. 2008.

MCGARRY, M. E. *et al.* How (and why) does iconicity effect lexical access: An electrophysiological study of American sign language. **Neuropsychologia**, v. 183, p. 108516–108516, 1 maio 2023.

MEADE, G. *et al.* The organization of the American Sign Language lexicon: Comparing one- and two-parameter ERP phonological *priming* effects across tasks. **Brain and Language**, v. 218, p. 104960, jul. 2021.

MEADE, G. *et al.* Are form *priming* effects phonological or perceptual? Electrophysiological evidence from American Sign Language. **Cognition**, v. 220, p. 104979, mar. 2022.

MOTT, M. *et al.* Cross-modal translation *priming* and iconicity effects in deaf signers and hearing learners of American Sign Language. **Bilingualism: Language and Cognition**, p. 1–13, 31 jan. 2020.

SEVCIKOVA SEHYR, Z.; EMMOREY, K. The perceived mapping between form and meaning in American Sign Language depends on linguistic knowledge and task: evidence from iconicity and transparency judgments. **Language and Cognition**, v. 11, n. 2, p. 208–234, jun. 2019.

SOTO, M.; FRANÇA, A. I. The functional analysis of the N400 component: lexical access, integration or can we have it both ways?. **REVISTA LINGÜÍSTICA**, v. 16, p. 521–562, 2021. livremente acessível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rl/article/view/22521/0>

SOTO, M. **ERP and fMRI Evidence of Compositional Differences between Linguistic Computations for Words and Sentences** - Tese (Doutorado) – UFRJ / Faculdade de Letras – Programa de Pós-graduação em Linguística, 2014.

THOMPSON, R. L.; VINSON, D. P.; VIGLIOCCO, G. The link between form and meaning in American Sign Language: Lexical processing effects. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 35, n. 2, p. 550–557, 2009.

ZESHAN, U. Towards a notion of ‘word’ in sign languages. *In*: Dixon RMW, Aikhenvald AY, eds. **Word: A Cross-Linguistic Typology**. Cambridge University Press. p. 153-179, 2003.

ZESHAN, U. Roots, leaves and branches – The typology of sign languages. *In*: **Sign Languages: spinning and unraveling the past, present and future**. TISLR9, forty five papers and three posters from the 9o Theoretical Issues in Sign Language Research Conference, Florianópolis, Brazil, 2006.

ZESHAN, U.; PALFREYMAN, N. Sign language typology. *In*: **The Cambridge Handbook of Linguistic Typology**. Cambridge Handbooks in Language and Linguistics. Cambridge University Press, 2017. ISBN 9781316135716

ZHANG, X.; CAO, H.; LI, H. Neurophysiological effects of frequency, length, phonological neighborhood density, and iconicity on sign recognition. **NeuroReport**, v. 34, n. 17, p. 817–824, 11 out. 2023.

prova do miolo