

Dossiê

Cognição, gramática e simplexidade: uma argumentação sobre a eficácia da proposta gerativista da gramaticoteca para a educação básica com base nas neurociências e na psicolinguística

Eloísa Nascimento Silva Pilati¹ 

Marcus Maia² 

Bethânia Mariani
Editora-chefe dos
Estudos de Linguagem

Augusto Soares da Silva
Jussara Abraçado
Editores convidados

Disponibilidade de dados e material:

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

RESUMO

Este artigo investiga as contribuições da gramática gerativa para o ensino de línguas à luz do conceito de simplexidade (propriedade de sistemas cognitivos complexos que emergem de princípios computacionais simples, econômicos e recursivos) tal como postulado na teoria linguística contemporânea, defendendo que modelos baseados nesses princípios são compatíveis com a arquitetura mental da linguagem de acordo com evidências empíricas provenientes da psicolinguística e da neurociência cognitiva. Argumenta-se que o ensino contemporâneo de gramática deve articular conhecimentos da linguística gerativa com evidências experimentais, promovendo a sistematização e explicitação de princípios relacionados a representações linguísticas abstratas, favorecendo desenvolvimento da metacognição linguística. Nesse sentido, apresentam-se duas propostas de transposição da teoria para a prática: o uso do eyetracking educacional e a Aprendizagem Linguística Ativa. Também se apresentam os resultados de um experimento psicolinguístico com rastreamento ocular, realizado com 16 estudantes da educação básica, que comparou a instrução gramatical tradicional a uma abordagem de Aprendizagem Linguística Ativa (Gramaticoteca), fundamentada na manipulação consciente de estruturas sintáticas e na reflexão explícita sobre concordância verbal. Os resultados indicam maior sensibilidade a propriedades estruturais hierárquicas e melhor desempenho em tarefas de análise sintática no grupo submetido à abordagem ativa. Discute-se, por fim, que esse tipo de formação, ao tornar salientes os princípios computacionais subjacentes à estrutura da sentença e fomentar o raciocínio analítico baseado em evidências linguísticas, pode contribuir para o desenvolvimento da vigilância epistêmica em contextos de infodemia e desinformação, ao fortalecer mecanismos de monitoramento crítico e avaliação da informação linguística.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de gramática. Simplexidade. Rastreamento ocular.

¹Universidade de Brasília. Brasília, DF, Brasil.
E-mail: eloisapilati@gmail.com

²Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mail: maiamarcus@gmail.com

Recebido em: 02/02/2026
Aceito em: 29/03/2026

Como citar:

PILATI, Eloísa Nascimento Silva; MAIA, Marcus. Cognição, gramática e simplexidade: uma argumentação sobre a eficácia da proposta gerativista da gramaticoteca para a educação básica com base nas neurociências e na psicolinguística. *Gragoatá*, Niterói, v. 31, n. 70, e70606, jan.-abr. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/gragoata.v31i69.70606.pt>

Introdução

As línguas humanas configuram-se como sistemas marcadamente complexos: envolvem múltiplos níveis de representação, integram informações fonológicas, sintáticas, semânticas e pragmáticas e permitem a geração de um número potencialmente infinito de enunciados a partir de recursos finitos (Chomsky, 1957, 1981). Ainda assim, essa complexidade manifesta-se de forma notavelmente eficiente no cérebro humano, um sistema biológico que opera sob severas restrições de tempo, energia e memória, como amplamente documentado pelas ciências cognitivas e pela neurociência.

Na educação linguística contemporânea, especialmente no ensino de gramática, torna-se fundamental que propostas pedagógicas se apoiem em evidências científicas sobre o funcionamento cognitivo da linguagem. Nesse contexto, Maia e Pilati (em publicação) defendem que o conceito de *simplexidade*, conforme formulado por Berthoz (2012), oferece um enquadramento teórico particularmente produtivo ao explicar como sistemas biológicos enfrentam fenômenos altamente complexos por meio de princípios organizadores simples, econômicos e adaptativos. A *simplexidade* não implica redução da complexidade, mas sua reorganização de modo a torná-la cognitivamente tratável. Aplicada ao ensino de gramática, essa perspectiva desloca o foco de descrições acumulativas de regras, tal como feito pela tradição gramatical, para um ensino que evidencie os princípios e mecanismos estruturais capazes de gerar comportamentos complexos a partir de operações mínimas.

Compreender o ensino de gramática sob essa nova ótica exige modelos teóricos que integrem a descrição formal das estruturas linguísticas à sua viabilidade psicológica e neural. As línguas não são listas de regras ou meras convenções sociais, mas sim sistemas implementados em um aparato cognitivo finito, sujeito a restrições biológicas e computacionais. Como argumenta Chomsky (1957), uma teoria linguística adequada deve explicar não apenas quais sentenças são possíveis em uma língua, mas também como esse conhecimento é adquirido, representado e utilizado produtivamente por falantes humanos reais. E como diversos estudos recentes vêm demonstrando, a realidade psicológica e neurológica da sintaxe das línguas é um fato bem comprovado (ver Pereplyotchik, 2017, Nelson *et al.* 2017, entre vários outros estudos).

É nesse cenário de integração entre descobertas das ciências e educação que os fundamentos da teoria gerativista se mostram particularmente relevantes. Desde seus fundamentos, a gramática gerativa busca identificar princípios universais capazes de explicar a diversidade superficial das línguas naturais (Chomsky, 1981). Em suas formulações mais recentes, especialmente no âmbito do Programa Minimalista (Chomsky, 1995), essa busca se traduz por meio da redução de mecanismos teóricos, da postulação de operações sintáticas mínimas como *Merge* e do fortalecimento de princípios de economia derivacional.

Longe de empobrecer a explicação linguística, essa redução formalista reflete precisamente uma lógica de *simplexidade*: mecanismos simples, quando combinados recursivamente, são capazes de gerar estruturas altamente complexas.

No campo educacional, a proposta da Aprendizagem Linguística Ativa-Gramaticoteca (Pilati, 2017, 2024) tem buscado justamente traduzir esses princípios teóricos para o trabalho com línguas naturais em contextos de ensino. Ao privilegiar a exploração, a formulação de hipóteses, a manipulação consciente de estruturas por meio de materiais concretos e a reflexão metalinguística guiada, tal abordagem se alinha à ideia de que o conhecimento gramatical emerge da interação entre mecanismos internos do aprendiz e instrução sistematizada, organizada e explícita dos dados e informações relevantes e não da mera memorização de regras, como ocorre até os dias atuais no ensino tradicional de gramática e nos livros didáticos. Essa perspectiva de ensino converge tanto com evidências neurolinguísticas como psicolinguísticas sobre aquisição e processamento da linguagem quanto com a noção de *simplexidade*, ao tratar a gramática como um sistema organizado, econômico e cognitivamente plausível.

Considerando este cenário, o artigo organiza-se em cinco seções, além desta introdução. Na primeira seção, “Simplexidade e gramática gerativa: preservando a riqueza estrutural por meio da elegância cognitiva”, discute-se a ideia de que a complexidade das línguas naturais emerge de princípios computacionais simples e recursivos, destacando-se a noção de elegância cognitiva como fundamento da arquitetura da linguagem. Em seguida, a segunda seção, “Teoria Gerativa, biolinguística e bases neurais da linguagem” articula pressupostos da teoria gerativa com contribuições da biolinguística e evidências da psicolinguística e da neurociência, situando a linguagem como faculdade biológica sensível à hierarquia estrutural e à recursividade. Na terceira seção, “Duas propostas gerativistas para o ensino de línguas”, apresentam-se abordagens pedagógicas que enfatizam a explicitação de estruturas sintáticas e o desenvolvimento da metacognição linguística, uma por meio do uso pedagógico de *eyetracking* e outra por meio da Gramaticoteca. A quarta seção, “Estudo empírico: avaliação do uso da Gramaticoteca por meio de rastreamento ocular”, descreve o experimento realizado e analisa os resultados, comparando a instrução tradicional a uma abordagem de aprendizagem linguística ativa. Por fim, as “Considerações finais” discutem implicações teóricas e pedagógicas dos achados, com destaque para o papel do ensino gramatical na promoção da metacognição e da vigilância epistêmica.

Simplexidade e gramática gerativa: preservando a riqueza estrutural por meio da elegância cognitiva

A *simplexidade*, conforme definida por Berthoz (2012), oferece uma lente teórica particularmente produtiva para compreender a relação entre a estrutura linguística e a cognição humana. Diferentemente

da noção de simplicidade, a *simplexidade* não se refere à redução ou ao empobrecimento da complexidade, mas à capacidade de sistemas biológicos e cognitivos de lidar com fenômenos altamente complexos por meio de mecanismos organizacionais otimizados. A complexidade, nessa perspectiva, não é eliminada, mas tornada cognitivamente tratável, compreensível e operacionalizável.

A gramática gerativa constitui um exemplo particularmente claro dessa lógica de *simplexidade* na arquitetura cognitiva humana. À primeira vista, as línguas naturais parecem caóticas e repletas de exceções: frases longas, estruturas encaixadas, ambiguidades e variações estilísticas dão a impressão de um sistema desorganizado. No entanto, a teoria gerativa demonstra que essa diversidade superficial pode ser explicada por um conjunto extremamente restrito de princípios e operações formais, biologicamente determinadas.

Um exemplo simples ilustra essa ideia. Considere as sentenças: “João disse que Maria saiu”, “João disse que Maria disse que Pedro saiu” e “João disse que Maria disse que Pedro disse que Ana saiu”. Embora essas frases aumentem progressivamente em extensão e complexidade interpretativa, o mecanismo que as gera permanece exatamente o mesmo: a repetida aplicação de uma única operação de combinação estrutural. Não é necessário aprender uma regra diferente para cada frase; basta dominar o princípio que permite encaixar uma oração dentro de outra. Esse é o cerne da *simplexidade*: um mecanismo integrador simples gera um comportamento complexo.

No centro desse sistema está a operação *Merge*, responsável por combinar dois objetos sintáticos em uma nova unidade hierárquica (Chomsky, 1995, 2001). O caráter recursivo de *Merge* explica a produtividade ilimitada da linguagem humana: a partir de um léxico finito e de uma única operação combinatória, os falantes produzem e compreendem um número potencialmente infinito de expressões. Em vez de armazenar frases prontas ou listas extensas de construções, os falantes têm internalizado um procedimento gerativo que lhes permite criar sentenças inéditas e interpretar estruturas nunca antes encontradas.

Do ponto de vista cognitivo, esse tipo de organização é altamente eficiente. Ele reduz a carga de memória, favorece a generalização e permite flexibilidade interpretativa. Evidências neurocientíficas são compatíveis com essa concepção: estudos de neuroimagem funcional indicam que o processamento de estruturas sintáticas hierárquicas recruta circuitos neurais específicos, envolvendo regiões como o giro frontal inferior esquerdo e o córtex temporal posterior (Liakakis *et al.*, 2010). Além disso, conforme argumentam Friederici *et al.* (2017), as línguas naturais devem ser entendidas como um mecanismo cognitivo computacional relativamente autônomo, cuja organização neural reflete precisamente a necessidade de computar relações estruturais abstratas, e não apenas sequências lineares de palavras.

Em termos educacionais, compreender as línguas humanas como um sistema “simplex” tem consequências diretas. Se a complexidade linguística emerge da aplicação reiterada de princípios simples, o ensino de gramática não se beneficia da apresentação fragmentada de regras isoladas, mas da explicitação desses princípios combinatórios fundamentais. Tornar visível o mecanismo gerativo permite que os alunos compreendam por que as frases funcionam como funcionam, em vez de apenas reconhecer padrões superficiais.

Assim, a teoria gerativa oferece não apenas uma explicação formal das línguas naturais, mas também um modelo cognitivamente plausível de como sistemas complexos podem ser aprendidos e utilizados por mentes humanas. Essa convergência entre economia formal, evidência neurocientífica e eficiência cognitiva explica por que a gramática gerativa pode ser compreendida como um caso paradigmático de *simplexidade*.

Teoria Gerativa, biolinguística e bases neurais da linguagem

A Teoria Gerativa parte do pressuposto de que a linguagem humana não pode ser adequadamente compreendida apenas como um instrumento de comunicação ou como um mero conjunto de comportamentos observáveis. Numa perspectiva biolinguística, essa teoria concebe as línguas naturais como um componente específico da cognição humana, dotado de propriedades formais próprias e ancorado em uma arquitetura cerebral especializada. Uma definição particularmente elucidativa desse posicionamento é formulada por Friederici *et al.* (2017, p. 1, tradução nossa), ao afirmarem que, em vez de igualar língua a “fala” ou “comunicação”, as línguas humanas devem ser descritas como “um mecanismo cognitivo computacional biologicamente determinado que produz um conjunto ilimitado de expressões estruturadas hierarquicamente”. Segundo os autores, evidências provenientes de estudos recentes de neuroimagem sustentam essa concepção das línguas humanas como um mecanismo cognitivo relativamente autônomo, cuja organização neural envolve interações dinâmicas entre aspectos sintáticos e semânticos, implementadas em redes que conectam, funcional e estruturalmente, o córtex inferior frontal e o córtex temporal superior. Essa caracterização fornece uma base empírica robusta para a noção central da teoria gerativa: a de que as línguas são um sistema computacional hierárquico, biologicamente implementado e distinto de outras capacidades cognitivas gerais.

No Programa Minimalista, Chomsky (1995, 2001) defende que a sentença é formada pela aplicação recursiva de uma operação combinatória fundamental, denominada *Merge*. Essa operação toma dois objetos sintáticos e cria uma nova unidade hierárquica (Gallego; Chomsky, 2020) e é irrestrita em princípio, permitindo que as línguas humanas gerem uma gama infinita de expressões a partir de um léxico

finito. É justamente esse potencial recursivo da operação de Merge que está na base das propriedades de deslocamento, das estruturas de encaixe e das relações de dependência que caracterizam as línguas naturais. Essas propriedades não são meramente formais ou ornamentais, mas refletem características essenciais do pensamento humano. Quando os indivíduos raciocinam sobre proposições aninhadas, imaginam cenários hipotéticos ou avaliam afirmações que envolvem múltiplos agentes e perspectivas, eles mobilizam capacidades representacionais que são precisamente aquelas codificadas pela sintaxe.

Nesse sentido, sugere-se que a operação Merge esteja diretamente relacionada a uma função executiva conhecida como “síntese pré-frontal” (SPF) (Vyshedskiy *et al.*, 2020), definida como uma operação cognitiva que integra imagens mentais para formar novos construtos. Reconsiderada a partir de uma perspectiva metacognitiva e educacional, a noção de Síntese Pré-Frontal, conforme detalhada por Vyshedskiy (2019) como a construção consciente e intencional de novas imagens mentais mediada pelo córtex pré-frontal lateral, pode ser mais bem compreendida como um caso particular de complexificação. Trata-se da emergência de novas propriedades cognitivas quando múltiplos elementos representacionais são integrados de forma recursiva. Em vez de tratar a SPF como uma função neural essencialmente linear e estritamente localizada, este artigo defende que a inovação decisiva reside na capacidade do aprendiz de adquirir controle metacognitivo sobre representações dependentes da estrutura, uma capacidade que a própria linguagem contribui para desenvolver.

Essa visão é consistente, portanto, com a afirmação de que a cognição linguística é fundamentalmente baseada em estrutura, e não em sequências lineares (Everaert *et al.*, 2015), bem como com abordagens de “terceiro fator”, que atribuem peso explicativo a princípios gerais de computação eficiente e de organização emergente (Chomsky, 2005; Lohndal; Uriagereka, 2017; Maia, 2026)

Nesse sentido, uma educação baseada em uma dada compreensão de gramática (como parte de um aparato mental e não como um conjunto de regras aleatórias) não se limita à transmissão de conhecimento linguístico, mas contribui ativamente para o desenvolvimento da inteligência em um sentido mais amplo: o controle consciente sobre estruturas cognitivas emergentes, uma característica central da cognição humana.

De uma perspectiva psicolinguística, a compreensão de sentenças requer a coordenação de múltiplos sistemas cognitivos. A memória de trabalho sustenta a retenção e a manipulação de constituintes sintáticos; mecanismos de processamento preditivo antecipam palavras ou estruturas futuras; o controle inibitório permite suprimir análises iniciais inadequadas; e a atenção orienta o processamento para regiões estruturalmente relevantes da sentença. Quando os leitores se deparam com uma sentença potencialmente ambígua, como “Enquanto o homem

caçava o veado correu para a floresta”, é necessário revisar a interpretação inicial por meio de um realinhamento estrutural, um processo que evidencia a flexibilidade e a adaptabilidade da cognição humana (Ribeiro, 2012; Maia, 2013). Atividades em sala de aula centradas na estrutura da frase ajudam a desenvolver diretamente essas capacidades cognitivas e, quando incluídas em contextos de uso real da língua, podem servir como uma importante ferramenta para análise crítica de textos e de discursos.

Pesquisas em neurolinguística também corroboram essa perspectiva de que o controle consciente de estruturas desenvolve o pensamento. Estudos que utilizam metodologias como fMRI, ERP e MEG demonstram que o processamento da estrutura hierárquica recruta circuitos neurais específicos, incluindo regiões do giro frontal inferior esquerdo e do córtex temporal posterior (Liakakis *et al.*, 2010). Essas áreas são sensíveis não apenas à ordem linear das palavras, mas também a configurações sintáticas abstratas, distinguindo dependências bem formadas de malformadas e orações principais de orações subordinadas, em consonância com as previsões da teoria gerativa.

Considerando esse panorama, para uma renovação no ensino de gramática e para que estudantes e professores possam compreender com mais detalhes do que as línguas são feitas, torna-se fundamental argumentar a favor da explicitação de estruturas no estilo gerativista, por meio de princípios que conseguem captar os padrões que regem os diferentes fenômenos linguísticos, e não de listas de regras. Obviamente que não se trata de ignorar aspectos sociais e culturais nas manifestações linguísticas, mas de compreender como as línguas se organizam em termos gramaticais, por meio de estruturas gerativas (ver Dehaene, 2019). Numa comparação entre a Linguística Gerativa e a Linguística Cognitiva, por exemplo, Forlizzi (2017) explica que a tradição gerativa concebe as línguas naturais como um sistema computacional formal, parcialmente modular e orientado por princípios abstratos específicos, não redutíveis ao uso comunicativo nem a mecanismos cognitivos gerais. Em contraste, abordagens cognitivistas entendem as línguas como um sistema simbólico emergente do uso, no qual não há autonomia estrita da sintaxe nem separação rígida entre léxico, gramática e significado. Essa oposição fornece o pano de fundo epistemológico essencial para avaliar a importância da aplicação pedagógica de versões fundamentadas na Teoria Gerativa quando se trata de ensino de gramática.

Para incluir e considerar a existência de fatores externos influenciando o funcionamento das línguas naturais, a perspectiva gerativa é reformulada por Chomsky (2005) com introdução explícita do chamado terceiro fator. Ou seja, além da dotação genética humana (Gramática Universal) e da experiência linguística, o *design* das línguas passa a ser entendido como condicionado por princípios gerais de organização, eficiência e otimização, não específicos da linguagem. Esses princípios permitem explicar a emergência de propriedades estruturais abstratas sem recorrer nem a regras inatas excessivamente ricas nem

a modelos puramente baseados em frequência, deslocando o foco da explicação para restrições naturais de economia computacional.

A proposta pedagógica da Gramaticoteca alinha-se diretamente a esse enquadramento biolinguístico ao tratar a gramática como um objeto cognitivo real, estruturado e passível de investigação explícita. Inspirada na tradição gerativa, ela preserva a noção de simplexidade ao explicitar estruturas abstratas reais que organizam a interpretação linguística. Ao mesmo tempo, respondendo às críticas cognitivistas ao formalismo opaco, ela transforma essas estruturas em objetos cognitivos observáveis por meio de atividades ativas, com manipulação de dados e evidências empíricas de processamento. Na prática, isto se traduz em maior foco na competência linguística inata do aluno como ponto de partida; na adoção de um método de investigação ativa e empírica, em que o aluno testa hipóteses; e na busca por uma compreensão profunda dos princípios computacionais subjacentes às línguas naturais e possibilidade de integração entre os conhecimentos prévios dos alunos, com conhecimento de mundo, desenvolvimento da expressividade e criatividade linguística, incluindo sua expressão por meio da leitura e da escrita (Roeper; Pilati; Maia, 2020, Pilati, 2024).

Portanto, a abordagem gerativista apresenta vantagens não apenas teóricas, mas profundamente pedagógicas. Primeiro, ela oferece uma explicação causal e natural para a existência da gramática, enraizando-a na biologia e na cognição humanas, o que a afasta de uma visão arbitrária e prescritiva, meramente enunciativas de regras. Segundo, ao validar o conhecimento linguístico intuitivo do falante, ela transforma o aluno no agente principal do próprio aprendizado, promovendo um engajamento ativo que pode contribuir para a descoberta científica, por exemplo através da geração de *insights* metacognitivos como demonstrado na leitura de períodos por escolares (Maia, 2019, 2022). Por fim, ao derivar métodos como os da Gramaticoteca, consegue ser rigorosa sem ser prescritiva, focando nos mecanismos mentais que geram a língua e promovendo o letramento científico.

Considerando estudos como esses, tem sido possível afirmar que a exposição à sintaxe complexa ativa redes neurais associadas à memória de trabalho, à recuperação controlada e à integração semântica, habilidades fundamentais para o sucesso acadêmico e para a leitura crítica (Vyshedskiy *et al.*, 2020). Atividades que solicitam aos alunos a manipulação explícita da estrutura frasal, como reordenar constituintes, identificar elementos implícitos ou construir interpretações para sequências ambíguas, funcionam como verdadeiros laboratórios de desenvolvimento cognitivo. Essas habilidades podem ser diretamente relacionadas às práticas cotidianas de leitura e escrita, tanto do ponto de vista da produção quanto da análise textual (Roeper; Pilati; Maia, 2020). Por meio dessas atividades, os alunos exercitam a formulação de hipóteses, o teste de previsões, a revisão de interpretações e a reflexão consciente sobre os processos que orientam seu próprio raciocínio.

Interessante notar que, para além do quadro estritamente gerativista, exercitando análises de natureza tipológica, a partir de dados empíricos de diferentes línguas, Haspelmath (2021) argumenta que a linguística geral depende de conceitos comparativos explicitamente definidos, que funcionem como instrumentos analíticos para permitir comparações produtivas entre propriedades gramaticais de diferentes línguas, com vistas ao estabelecimento de universais substantivos. Esses conceitos nucleares ou “metaconceitos”, tais como estrutura de constituintes, dependência estrutural, funções sintáticas, estrutura argumental, recursão, composicionalidade, entre outros, não são entidades diretamente observáveis, mas construtos epistemológicos que permitem formular generalizações, compondo a infraestrutura conceitual da disciplina, evitando ambiguidades e garantindo rigor metodológico. No entanto, para Haspelmath, esses conceitos são concebidos fundamentalmente como construtos analíticos externos, ou seja, são dispositivos de análise científica, cuja função principal é a de possibilitar descrições e comparações sistemáticas entre línguas.

Van Rijt e Nygård (2026), por outro lado, dão um passo além ao demonstrar empiricamente, por meio de um estudo Delphi internacional, que há convergência interteórica em torno de um núcleo de metaconceitos estruturais e, sobretudo, ao reinterpretar esses conceitos como conceitos-limiares (*threshold concepts*) com função formativa. Ou seja, os instrumentos analíticos tais como os identificados por Haspelmath, revelam-se também operadores cognitivos que, ao serem exercitados metacognitivamente na educação linguística, transformam qualitativamente a forma como o aluno percebe estrutura, ambiguidade, inferência, por exemplo.

Nesse sentido, o Programa da Aprendizagem Linguística Ativa-Gramaticoteca, propondo, como vimos, atividades de manipulação estrutural, visualização de dependências, exploração lúdica de ambiguidades, entre várias outras atividades, não apenas transmite conhecimento gramatical, mas – crucialmente – promove a travessia desses limiares cognitivos, tornando explícitas operações normalmente implícitas na representação e no processamento linguístico. Assim, na práxis da Gramaticoteca, os metaconceitos deixam de ser apenas instrumentos da teoria e passam a funcionar como tecnologias cognitivas de formação, articulando capacidade de formação científica (*science forming capacity*), *insight* metacognitivo e desenvolvimento de raciocínio analítico, autonomia interpretativa, com potenciais impactos positivos no desenvolvimento de vigilância epistêmica e autodefesa intelectual. Passemos agora para a terceira seção, em que apresentamos duas propostas que possibilitam a transposição desses elementos teóricos para a prática.

Duas propostas gerativistas para o ensino de línguas

Com base nos pressupostos teóricos discutidos nas seções anteriores, este artigo apresenta duas propostas pedagógicas complementares, ambas ancoradas na gramática gerativa e no conceito de *simplexidade*. Embora distintas em sua materialidade e nos instrumentos utilizados, as duas propostas compartilham um objetivo central: tornar explícitos os processos estruturais e cognitivos que sustentam a compreensão linguística, promovendo o desenvolvimento da metacognição e do raciocínio baseado em estrutura. A primeira proposta explora o uso do rastreamento ocular como ferramenta metacognitiva para revelar a dinâmica do processamento linguístico em tempo real, permitindo que os aprendizes observem e analisem seus próprios padrões de leitura (Maia, 2019, 2022). A segunda proposta, operacionalizada pela Gramaticoteca, emprega materiais manipuláveis e atividades estruturadas para explicitar o funcionamento do sistema linguístico, favorecendo a construção de modelos mentais sobre a gramática da língua (Pilati 2017, 2024). Em conjunto, essas abordagens buscam investigar como a reflexão consciente sobre a estrutura linguística, seja por meio da visualização do processamento, seja pela manipulação direta das representações gramaticais, pode impactar positivamente a aprendizagem linguística em contextos educacionais formais.

Rastreamento ocular e metacognição linguística

Conforme argumentado por Maia (2019, 2022), o rastreamento ocular constitui uma das ferramentas mais promissoras para promover a metacognição linguística em contextos educacionais. Diferentemente de medidas tradicionais de compreensão, que captam apenas o produto final da leitura, o rastreamento ocular torna visível o processo interpretativo em tempo real, revelando padrões de fixação, regressões, omissões e reanálises.

Ao observar seus próprios padrões de olhar, os alunos passam a compreender que a leitura não é um ato automático e linear, mas um processo ativo de formulação e revisão de hipóteses estruturais. Esse tipo de *feedback* frequentemente produz *insights* metacognitivos imediatos, pois os aprendizes percebem onde, quando e por que a compreensão falha ou exige ajustes. A metacognição deixa de ser abstrata e passa a ser empiricamente observável.

Do ponto de vista da psicolinguística e da gramática gerativa, o rastreamento ocular mapeia diretamente o funcionamento do analisador sintático humano, que opera de forma incremental, projetando estruturas hierárquicas, antecipando material linguístico subsequente e revisando análises quando previsões são violadas. Regressões oculares indicam reestruturação sintática; aumentos na duração da fixação sinalizam conflito entre análises concorrentes, especialmente em frases ambíguas ou com violações de concordância.

Essa propriedade torna o rastreamento ocular uma ferramenta privilegiada para o desenvolvimento do engajamento metacognitivo, pois explicita a microdinâmica da compreensão que normalmente permanece invisível ao leitor. Mapas de calor, *gazeplots* estáticos ou dinâmicos, que demonstram trajetórias de varredura de frases, revelam a leitura como um processo de teste de hipóteses, envolvendo previsão, inferência estrutural e monitoramento contínuo.

Um aspecto central dessa abordagem é demonstrar que decodificação não equivale a compreensão estrutural. Um aluno pode ler fluentemente cada palavra de uma frase e, ainda assim, interpretar sua estrutura de forma equivocada. O rastreamento ocular revela essas divergências. Erros de concordância, ambiguidades estruturais ou anomalias semânticas deixam assinaturas claras nos padrões de olhar, como regressões precoces ou releituras seletivas, tornando o erro interpretativo identificável e discutível em sala de aula (Maia, 2019; 2022). Além disso, o rastreamento ocular alinha-se naturalmente ao princípio da *simplicidade*. A complexidade cognitiva do processamento linguístico é comprimida em representações visuais intuitivas, acessíveis mesmo a alunos sem formação técnica em psicolinguística. Regressões longas indicam incerteza; fixações prolongadas revelam custo de integração; trajetórias suaves sugerem previsibilidade estrutural. Essa “simplicidade visual” preserva a complexidade conceitual sem reduzi-la.

O método também favorece a reflexão sobre funções executivas envolvidas na leitura, como controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva. Frases que exigem reanálise sintática recrutam mecanismos de inibição; dependências de longo alcance sobrecarregam a memória de trabalho; ambiguidades exigem manutenção de múltiplas representações simultâneas. Ao analisar seus próprios dados de leitura, os alunos aprendem a associar fenômenos linguísticos a operações cognitivas específicas, desenvolvendo o que se pode chamar de metacognição executiva.

Um exemplo que se pode destacar com dados qualitativos de rastreamento ocular seriam os *gazeplots* ou mapas de fixação estáticos 1 e 2¹, parte do estudo quanti-qualitativo reportado em Maia (2019, 2022). Na Figura 1, ilustra-se a leitura prototípica de um período hipotático composto por cinco orações como “Um invasor entrou no pátio, causando brigas na hora do recreio porque os alunos envolveram-se em uma confusão, o que levou a diretora a suspender as aulas”. A oração principal ocorre em primeiro lugar, sendo objeto de regressões de segunda passagem do olhar, como se observa no mapa de fixações 1:

Já na Figura 2, ilustra-se a leitura do período em que a oração principal ocorre em segunda posição linear. Observe-se que as refixações agora passam a incidir não sobre a oração subordinada inicial no período, mas justamente sobre a oração principal em segunda posição:

¹ Pode-se observar os *gazeplots* dinâmicos da leitura desses períodos no link <https://drive.google.com/drive/folders/1QZFHr2pF32ZjMcYHMgvYln1ziveoCjt?usp=sharing>

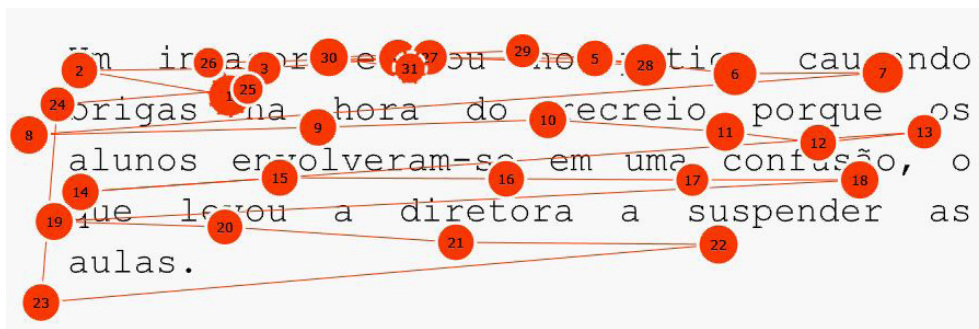


Figura 1 – Leitura de período com oração em primeiro lugar.

Fonte: elaboração própria.

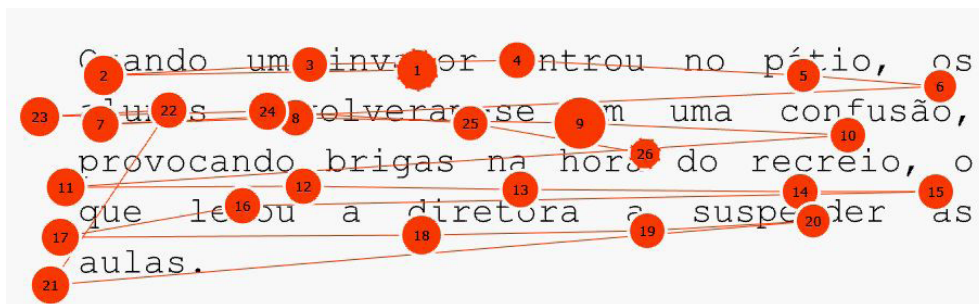


Figura 2 – Leitura de período com oração principal em segunda posição.

Fonte: elaboração própria.

Maia (2019, 2022) discute como a consciência metalinguística desses processos contribui significativamente para o desenvolvimento da capacidade de extrair o ponto de vista do período ou *gist* na leitura por parte de alunos de Ensino Fundamental, comparativamente a alunos de Ensino Superior, gerando *insights* gramaticais interessantes em diferentes níveis metacognitivos (Curry, 2025). Por exemplo, em Maia (em publicação) discutem-se períodos como os exemplificados acima à luz da dicotomia “hierarquia x linearidade”, procurando-se comparar como o fator estrutural parece ter precedência sobre o linear, já que a atenção do leitor proficiente é modulada para a primeira ou segunda oração a depender prioritariamente do fator estrutural, como já identificado em inglês como a “Hipótese da Oração Principal” pelo menos desde Bever e Townsend (1979). Em português do Brasil, em Ribeiro (2017) e também em Maia (2018, 2022) identificam-se latências de fixação e regressões significativamente maiores nas áreas críticas da OP, comparativamente a orações subordinadas.

O rastreamento ocular também permite visualizar disparidades interlinguísticas e socioeducacionais. Vichedskyi (2020), entre outros, demonstra que leitores com pouca exposição a estruturas sintaticamente complexas tendem a apresentar padrões de leitura superficiais, compatíveis com estratégias de processamento “suficientemente boas” ou *good enough*. Segundo nossa hipótese, quando os alunos participam

de intervenções baseadas em aprendizagem linguística ativa, mudanças graduais podem ser observadas em seus padrões de olhar, indicando o desenvolvimento de expectativas estruturais mais refinadas.

Finalmente, o rastreamento ocular contribui para o fortalecimento da vigilância epistêmica, ao evidenciar a diferença entre fluência superficial e validade interpretativa. Textos linguisticamente fluidos, mas semanticamente enganosos, tendem a gerar padrões de leitura pouco reflexivos, enquanto a leitura analítica se caracteriza por maior monitoramento e reanálise. Tornar essa diferença visível fortalece a capacidade dos alunos de avaliar argumentos e resistir à manipulação discursiva.

Em síntese, o rastreamento ocular funciona simultaneamente como ferramenta analítica e pedagógica. Ele torna o processamento linguístico visível, a metacognição concreta e as funções executivas observáveis. Integrado à gramática gerativa, à *simplexidade* e à aprendizagem linguística ativa, o rastreamento ocular contribui para a formação de leitores reflexivos, analiticamente competentes e cognitivamente resilientes, condição essencial para a educação linguística no cenário informacional contemporâneo.

Aprendizagem Linguística Ativa e Gramaticoteca: formalismo gerativista e simplexidade na educação

Aprendizagem Linguística Ativa (Pilati 2017, 2024) é uma abordagem desenvolvida para o ensino de línguas, que busca uma revisão tanto teórica quanto metodológica para questões relativas ao ensino de gramática, leitura e escrita. No campo específico do ensino de gramática, a proposta busca revisar a forma como a tradição gramatical tem apresentado a gramática, propondo que, em vez das múltiplas regras para descrever os fenômenos linguísticos, sejam apresentados os princípios mais simples e subjacentes aos fenômenos. Dessa forma, temas como o ensino de vírgula e o ensino de concordância verbal passem a ser apresentados por dois princípios em vez de 20 regras (Pilati, 2017, 2024).

A inspiração gerativista da Gramaticoteca remonta ao pensamento formalista e ao uso das árvores sintáticas que, ao longo de décadas, desempenharam um papel central na linguística gerativa ao concretizar, sistematizar, organizar e explicitar fenômenos linguísticos. O pensamento formalista buscou sintetizar fenômenos linguísticos aparentemente distintos e as árvores sintáticas tornaram visível a estrutura hierárquica das línguas, permitindo representar, de forma gráfica e econômica, relações abstratas como seleção argumental, adjunção, dependências de longo alcance e recursão. Essa forma de representação constitui um exemplo paradigmático de *simplexidade*: por meio de um conjunto reduzido de princípios e operações, torna-se possível dar conta de uma complexidade expressiva ampla. A Gramaticoteca se inspira nessa tradição, ao transpor a lógica das árvores sintáticas para o espaço pedagógico,

convertendo representações abstratas em materiais manipuláveis, interativos e coloridos, que organizam o sistema linguístico, explicitam suas propriedades e permitem interações que revelam propriedades das línguas naturais como a composicionalidade. Essa transposição preserva a simplicidade estrutural do modelo gerativista e foi fundamental para a concepção do projeto, pois permite que aprendizes acessem, explorem e controlem conscientemente a complexidade do sistema linguístico, em vez de apenas memorizar descrições fragmentadas de seus efeitos superficiais.

Um aspecto central e original da proposta da Gramaticoteca é o uso sistemático de materiais manipuláveis como instrumentos de mediação cognitiva. Esses materiais, rodas de sintagmas, peças móveis, cartões de funções sintáticas, esquemas coloridos e jogos estruturais, não funcionam como meros recursos lúdicos, mas como dispositivos epistemológicos que permitem aos estudantes externalizar, testar e revisar modelos mentais do sistema linguístico. Ao manipular fisicamente os componentes da oração, o aprendiz passa a operar sobre a estrutura da língua de modo explícito, o que reduz a carga da memória de trabalho e favorece a construção de conhecimento profundo. Essa materialidade didática constitui uma contribuição distintiva da Gramaticoteca para o campo da aprendizagem linguística ativa, ao traduzir princípios abstratos da gramática gerativa em ações cognitivamente acessíveis. Seguem alguns materiais (Figuras 3 e 4):

Recursos didáticos *Gira-gira gramatical* e *Quebra-cabeça da sentença* possibilitam explicitar e tornar mais consistente a discussão de diversos temas no ensino de gramática, como a formação da oração, seleção temática de argumentos, composicionalidade e expressão de pontos de vista. A materialização desses conceitos permite que os alunos mobilizem e desenvolvam conhecimentos relacionados a diferentes dimensões de sua competência linguística.

Como afirmado anteriormente, outro eixo fundamental da Gramaticoteca é o uso explícito do sistema linguístico como base conceitual para o ensino de gramática. A organização da oração a partir



Figura 3 – Gira-gira gramatical.

Fonte: Pilati (2024 p. 110).



Figura 4 – Quebra-cabeça da sentença.

Fonte: Pilati (2024 p. 112).

de esquemas estruturais como S-V-C (sujeito, verbo, complemento e adjunto adverbial), S-VL-PS (sujeito, verbo de ligação e predicativo do sujeito), permite que os estudantes compreendam a gramática como um sistema relacional, e não como um conjunto arbitrário de regras. A introdução gradual de operações como adjunção, ruptura da ordem canônica e inserção de constituintes não selecionados possibilita que fenômenos tradicionalmente ensinados de forma fragmentada, como uso da vírgula, ordem dos constituintes e interpretação de estruturas complexas, sejam explicados a partir de princípios mais gerais de organização sintática. Essa abordagem fortalece a percepção da língua como sistema gerativo e favorece a transferência do conhecimento para a leitura e a escrita. Além disso, a Gramaticoteca tem desenvolvido materiais para explicitar o funcionamento das orações dentro de textos de diferentes gêneros, ampliando a complexidade dos materiais e o seu uso por públicos de diferentes níveis, como na Figura 5, que representa a elaboração de um parágrafo de um texto dissertativo.

Mais um argumento a favor da importância de se apresentar a sintaxe das línguas naturais tal qual elas se organizam pode ser encontrado nas proposições de Matlin (2003), sobre as ferramentas cognitivas necessárias para a resolução de problemas complexos. Segundo a autora, embora a capacidade de resolver problemas seja natural à cognição humana, três fatores podem impedir sua resolução: (a) falta de conhecimento sobre o assunto; (b) uso de conjuntos inadequados de habilidades mentais; e (c) ausência de habilidades metacognitivas. Esses três obstáculos estão claramente presentes no ensino tradicional de gramática.

Pilati (2024) interpreta as proposições de Matlin afirmando que, no que diz respeito à falta de conhecimento, o senso comum tende a definir gramática como um conjunto de normas do “bem falar e bem escrever”,

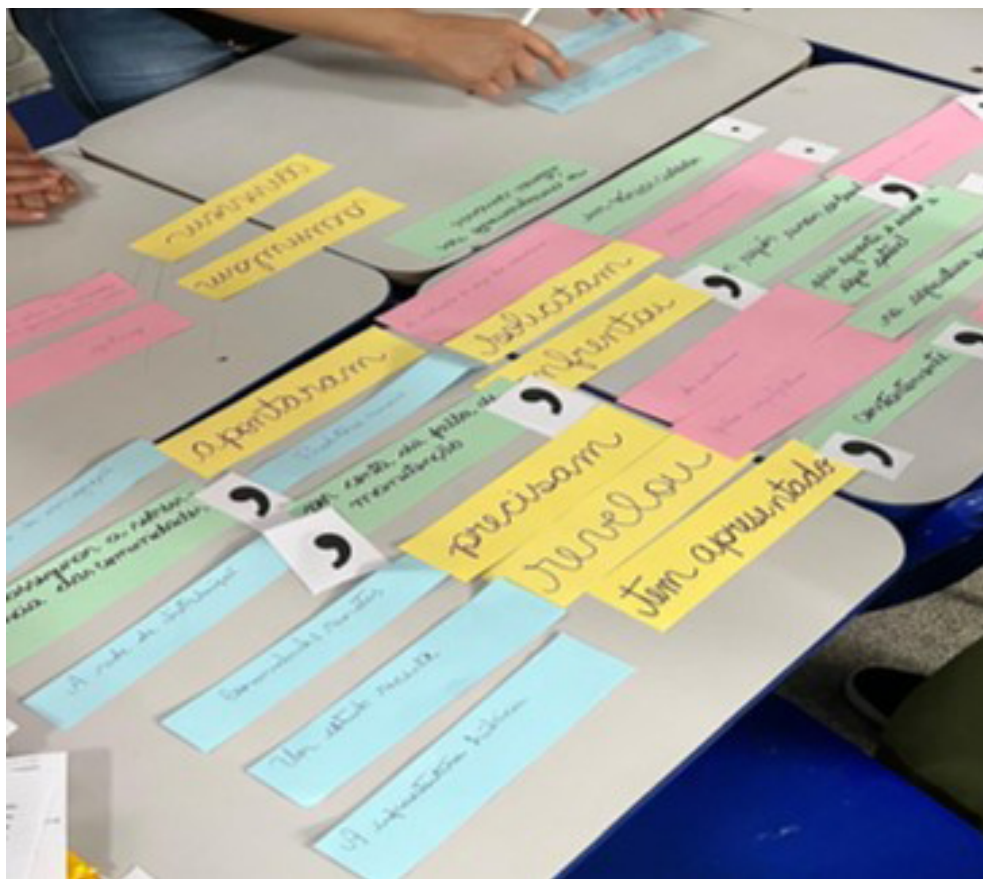


Figura 5 – Do período para o parágrafo.

Fonte: Acervo Gramaticoteca (Curso na SEEDF, 2025)

desconsiderando que as línguas são sistemas mentais organizados, gerativos e em constante variação. Quanto ao uso de habilidades inadequadas, a tradição gramatical frequentemente apresenta definições problemáticas, como no caso da vírgula entendida como “pausa”, que impedem a compreensão da relação entre as chamadas “regras” e o funcionamento do sistema linguístico. Por fim, a ausência de práticas que desenvolvam a metacognição compromete a capacidade dos estudantes de avaliar, revisar e aprimorar suas próprias análises linguísticas.

A Gramaticoteca busca enfrentar esses três problemas de forma integrada: reconstrói a base conceitual, substituindo listas de regras por princípios estruturais; oferece ferramentas cognitivas adequadas, ancoradas no sistema linguístico; e promove o desenvolvimento explícito da metacognição linguística, por meio de atividades que exigem reflexão, explicitação e revisão de hipóteses. Dessa forma, a proposta não apenas ensina gramática, mas capacita os estudantes a resolver problemas linguísticos complexos, alinhando-se às evidências das ciências cognitivas e aos princípios da aprendizagem linguística ativa.

Como síntese, as atividades de Linguística Ativa propostas por Pilati (2017, 2024) em integração com atividades de metacognição com

dados de *eye tracking*, em oficinas geradoras de *insights* (Maia, 2019, 2022), potencializam de modo singular o desenvolvimento da capacidade científica, ao tornar observáveis os microprocessos que sustentam a leitura e a interpretação. O uso de rastreadores na educação tem o potencial de permitir aos participantes avaliarem criticamente seus próprios padrões de fixação, regressão e reanálise, transformando experiência de leitura em objeto de reflexão consciente, promovendo *insights* metacognitivos imediatos sobre controle atencional e tomada de decisão. Evidenciam também que o ensino explícito e experiencial da estrutura linguística funciona como um potente dispositivo de desenvolvimento das funções executivas, ao mobilizar controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho em contextos de resolução de problemas. Ao tornar visíveis os mecanismos formais que sustentam a interpretação, tais práticas não apenas contrariam o empobrecimento atencional associado ao *brain rot* (ver Serenko, 2025), mas promovem a construção de rotinas cognitivas estáveis, transferíveis para a leitura crítica e para o raciocínio científico. Nesse sentido, a gramática deixa de ser um conjunto de regras declarativas e passa a operar como infraestrutura cognitiva, favorecendo a emergência da *science-forming capacity* (Chomsky, 1988).

Destaque-se, ainda, que a articulação entre transparência estrutural e simplexidade, no sentido de soluções cognitivas economicamente eficientes para sistemas complexos, sugere que a educação linguística pode gerar inteligência operatória capaz de lidar com a complexidade informacional sem reducionismos, formando sujeitos epistemicamente vigilantes e intelectualmente autônomos (Maia, 2022).

As seções anteriores buscaram estabelecer os fundamentos teóricos e pedagógicos que sustentam a proposta da Gramaticoteca, articulando contribuições da gramática gerativa, da psicolinguística, da neurociência cognitiva e do conceito de *simplexidade*. À luz desse enquadramento, torna-se necessário investigar empiricamente em que medida uma abordagem de Aprendizagem Linguística Ativa, operacionalizada por meio da Gramaticoteca, efetivamente promove ganhos no desempenho linguístico e metacognitivo dos aprendizes. Assim, a seção seguinte apresenta um experimento pedagógico concebido para testar as hipóteses discutidas ao longo deste artigo. O estudo busca examinar os efeitos de intervenções baseadas na manipulação explícita da estrutura frasal, na reflexão metacognitiva e na exploração do sistema linguístico sobre a compreensão gramatical, o processamento de sentenças e a consciência estrutural dos estudantes.

Na próxima seção, descrevem-se os participantes, os materiais, os procedimentos e os instrumentos de análise utilizados no experimento, bem como os critérios adotados para a avaliação dos resultados. O objetivo é verificar se a proposta teórica apresentada se traduz em evidências empíricas consistentes, contribuindo para o debate sobre práticas inovadoras no ensino de gramática e para a consolidação de uma educação linguística cientificamente informada.

Estudo empírico: avaliação do uso da Gramaticoteca por meio de rastreamento ocular

Com o objetivo de investigar de forma mais aprofundada a eficácia da Aprendizagem Linguística Ativa em comparação com abordagens instrucionais tradicionais, foi conduzido um estudo psicolinguístico empregando tecnologia de rastreamento ocular. O experimento teve como foco avaliar os efeitos de uma instrução linguística organizada, sistematizada e explícita sobre o processamento da concordância sujeito-verbo.

O estudo examinou como os aprendizes processam a concordância verbal sob duas condições instrucionais distintas: (i) uma abordagem tradicional, baseada no ensino de regras, extraída de um livro didático utilizado na rede pública brasileira e aprovado pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (Decreto nº 9.099/2017); e (ii) uma abordagem fundamentada nos princípios da Aprendizagem Linguística Ativa (operacionalizada por meio do gira-gira gramatical, que enfatiza a descoberta de padrões subjacentes e o engajamento ativo com a estrutura linguística).

Foram utilizadas medidas *on-line* e *off-line* para avaliar o processamento e a compreensão. As medidas *on-line*, obtidas por meio do rastreamento ocular, concentraram-se principalmente na duração das fixações, entendida como um indicador do esforço cognitivo durante a leitura. A medida *off-line* consistiu em uma tarefa de análise sintática: após a leitura de cada sentença, os participantes deveriam julgar se a concordância sujeito-verbo estava correta ou incorreta.

Os aspectos teóricos deste estudo foram originalmente concebidos em Maia e Pilati (no prelo). No presente artigo, apresentamos os principais aspectos metodológicos e resultados por serem diretamente relevantes para a discussão sobre simplexidade, estrutura linguística e aprendizagem ativa, estabelecendo continuidade explícita com essa publicação anterior.

Objetivo

Investigar se diferentes tipos de instrução gramatical (instrução gramatical tradicional *versus* Aprendizagem Linguística Ativa) influenciam o processamento *on-line* e *off-line* da concordância sujeito-verbo em sentenças com sujeitos complexos.

Foco metodológico

O estudo compara os efeitos da instrução gramatical tradicional e da Aprendizagem Linguística Ativa no processamento da concordância sujeito-verbo. Medidas de rastreamento ocular (tempo total de fixação (*Total Duration of Fixations* – TDF) foram utilizadas para avaliar o processamento *on-line*, enquanto a avaliação *off-line* foi baseada na acurácia das respostas de análise sintática.

Hipóteses

Parte-se da hipótese de que a instrução gramatical tradicional terá impacto limitado tanto nas medidas *on-line* quanto nas *off-line* de processamento da concordância, ao passo que a instrução baseada na Aprendizagem Linguística Ativa promoverá um engajamento mais profundo com a estrutura sintática das sentenças. Esse engajamento mais profundo deve se refletir em taxas de fixação mais altas e mais sustentadas em regiões relevantes para a concordância durante a leitura, indicando um processamento sintático em tempo real mais eficiente. Além disso, espera-se que estudantes expostos à Aprendizagem Linguística Ativa apresentem maior acurácia *off-line* em tarefas que exigem análise sintática, refletindo uma compreensão mais robusta e transferível dos princípios gramaticais subjacentes à concordância sujeito-verbo.

As hipóteses experimentais são as seguintes:

H1 (Processamento *on-line*)

Hipotetiza-se que a instrução baseada na Aprendizagem Linguística Ativa levará a taxas de fixação mais altas e mais sustentadas em regiões relevantes para a concordância durante a leitura, em comparação com a instrução gramatical tradicional, refletindo um processamento sintático em tempo real mais profundo.

H2 (Desempenho *off-line*)

Hipotetiza-se que estudantes expostos à Aprendizagem Linguística Ativa alcançarão maior acurácia em tarefas *off-line* de análise sintática do que estudantes que recebem instrução gramatical tradicional, indicando uma compreensão mais robusta dos princípios subjacentes à concordância sujeito-verbo.

Participantes

Participaram do estudo 16 estudantes de uma escola pública do Distrito Federal, com idades entre 15 e 16 anos, matriculados no 1º ou no 2º ano do Ensino Médio, todos com visão normal ou corrigida para normal. O convite para participação foi realizado durante o horário regular de aula. Foram incluídos no estudo apenas os estudantes que apresentaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assinado pelos responsáveis legais, e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. A participação foi voluntária e não houve compensação financeira. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa, sob o CAAE nº 86773024.0.0000.5540 e o parecer nº 7.701.914, e autorizada pelo núcleo responsável da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (Eape/SEEDF).

Desenho experimental

O experimento seguiu um delineamento de pré-teste, intervenção instrucional e pós-teste, manipulando o tipo de instrução gramatical. Os participantes foram divididos em dois grupos:

- **Grupo de Instrução Tradicional (n = 8):** recebeu exposição baseada em regras sobre concordância verbal, com o uso de livro didático.
- **Grupo de Aprendizagem Ativa (n = 8):** engajou-se em atividades práticas de identificação e correção de erros de concordância, a partir do Gira-Gira gramatical.

Protocolo experimental

Inicialmente, os participantes receberam uma explicação geral da tarefa de leitura, seguida de instruções detalhadas e três instâncias de treino para garantir a compreensão do procedimento. Em seguida, foi administrado um pré-teste com sentenças estruturalmente semelhantes aos itens-alvo. Após o pré-teste, os participantes passaram por uma intervenção instrucional de 30 minutos, cujo conteúdo variou conforme o grupo (instrução tradicional ou Aprendizagem Linguística Ativa). Por fim, foi aplicado um pós-teste com novas sentenças que compartilhavam a mesma estrutura sintática do pré-teste, permitindo a avaliação dos efeitos de aprendizagem em função do tipo de instrução e do desempenho no processamento das sentenças.

O rastreamento ocular foi realizado com um *eye-tracker* Tobii Fusion Portátil (250 Hz), possibilitando análises detalhadas de duração de fixações, regressões, sacadas progressivas e decisões de compreensão baseadas no olhar.

Materiais

O experimento incluiu 36 sentenças: 12 itens-alvo e 24 distratoras. Os itens-alvo manipularam a concordância verbal em duas condições balanceadas:

- **CONC-SIM:** 6 sentenças com concordância sujeito-verbo gramaticalmente correta.
- **CONC-NÃO:** 6 sentenças com violação de concordância sujeito-verbo.

Todas as sentenças-alvo apresentavam um sujeito DP complexo, composto por um núcleo plural seguido de um modificador singular (por exemplo, *os rios da serra*, *os ventos do sul*). Essa estrutura permite testar efeitos de atração, nos quais o modificador singular adjacente pode interferir na morfologia verbal.

Exemplos de itens:

- **CONC-SIM:** *Os rios da serra arrastaram pedras pesadas.*
- **CONC-NÃO:** *Os rios da serra arrastou pedras pesadas.*

Cada tentativa consistiu em duas telas consecutivas. Na primeira tela, apenas a sentença era apresentada. Na segunda, a mesma sentença permanecia visível juntamente com uma pergunta sobre a correção da concordância verbal. Os participantes indicavam sua resposta fixando o olhar nas alternativas “Sim” ou “Não”. As sentenças foram exibidas em Courier New, tamanho 48, sobre fundo branco, utilizando o software Tobii Pro Lab.

Procedimentos

O estudo foi conduzido individualmente na biblioteca da escola. O *eye-tracker* Tobii foi calibrado com um procedimento de cinco pontos no início de cada sessão. Os participantes foram informados de que a tarefa envolvia a leitura de sentenças e o fornecimento de respostas simples; a manipulação linguística específica (concordância) não foi mencionada.

Cada sentença foi apresentada em duas páginas:

1. Página 1 – Apenas leitura (sentença centralizada).
2. Página 2 – Sentença + pergunta de compreensão (“O verbo apresenta concordância correta com o sujeito?”).

As respostas foram dadas exclusivamente por fixação ocular, garantindo que o processamento da sentença ocorresse sem interferência, ao mesmo tempo em que os participantes podiam revisar a sentença ao responder à pergunta.

Pré-teste

O pré-teste avaliou o processamento basal da concordância utilizando sentenças com sujeitos DP complexos. Uma breve fase de treino assegurou a estabilidade da calibração e a familiarização com o formato de duas páginas.

Intervenção instrucional

Os participantes foram divididos em dois grupos instrucionais. Todas as sessões ocorreram individualmente e tiveram duração de 30 minutos.

O Grupo Tradicional recebeu instrução direta baseada em exemplos de um livro didático, adotado em escolas públicas brasileiras e aprovado pelo Ministério da Educação, com foco em explicitação de regras e frases-modelo. O livro utilizado foi o terceiro volume da “Coleção Ser Protagonista” (Barreto, 2016, p. 266-268), disponibilizado por meio de cópia de material impresso.

O Grupo de Aprendizagem Ativa, por sua vez, participou de atividades interativas com materiais da Gramaticoteca, incluindo o uso do Gira-gira Gramatical (Figura 1), sendo a concordância sujeito-verbo ensinada a partir de dois princípios. Os estudantes foram apresentados aos dois princípios básicos de concordância verbal do português, concordância com o núcleo do sujeito ou concordância com o sentido

do sintagma na posição de sujeito (Pilati, 2024), e depois eram expostos às mesmas sentenças do livro didático, escritas em fichas e coladas no gira-gira. Os estudantes liam as sentenças e tinham de avaliar se a sentença estava gramaticalmente correta ou não, com base nos dois princípios, e poderiam fazer as combinações dos sujeitos com os verbos que considerassem corretos.

Pós-teste

O pós-teste repetiu o formato de duas páginas com novos itens lexicais, mantendo estruturas sintáticas idênticas às do pré-teste. A ordem dos itens foi pseudorandomizada, e o software Tobii registrou todas as métricas de fixação e respostas baseadas no olhar.

Resultados

Resultados *on-line*

A análise dos dados de rastreamento ocular foi conduzida a partir de registros obtidos com o equipamento Tobii Pro (250 Hz), permitindo a captura de medidas temporais associadas ao processamento *on-line* das sentenças. As análises concentraram-se na segunda página da tarefa, correspondente à etapa de resposta, na qual foram definidas áreas de interesse (AOIs) específicas para investigação.

A variável dependente considerada foi a **duração total das fixações** (*Total Fixation Duration* – TFD), expressa em milissegundos, nas áreas de interesse. Essa medida corresponde ao tempo acumulado das fixações realizadas pelo participante em determinada região e constitui, no âmbito da psicolinguística experimental, um índice indireto da distribuição da atenção visual e das demandas de processamento durante a leitura. Variações na duração das fixações podem estar associadas a diferenças no custo de processamento e nos processos de integração das informações linguísticas ao longo da sentença, devendo sua interpretação ser realizada em conjunto com a natureza da tarefa, as regiões analisadas e as demais medidas comportamentais.

As áreas críticas selecionadas foram o sintagma na posição de sujeito e o verbo da sentença, por constituírem regiões estruturalmente relevantes para o estabelecimento da relação de concordância sujeito-verbo. Do ponto de vista do processamento incremental, essas regiões são particularmente relevantes por envolverem a ativação, a manutenção e a integração de informações morfossintáticas necessárias à computação da concordância.

A delimitação dessas AOIs permite examinar como os participantes distribuem sua atenção visual entre elementos que participam diretamente da dependência sujeito-verbo, possibilitando a identificação de diferenças nos padrões de processamento. Variações na duração das fixações nessas regiões podem refletir diferenças nas demandas de integração sintática, especialmente em condições que envolvem maior

necessidade de computação estrutural ou ausência de pistas explícitas de concordância.

Dessa forma, a análise das fixações no sujeito e no verbo permite investigar como informações estruturais relevantes para a concordância são acessadas e integradas durante a leitura, bem como verificar possíveis mudanças nesses padrões em função da condição de concordância e do tipo de instrução.

As comparações entre pré-teste e pós-teste indicaram aumento na duração total das fixações em todas as condições analisadas, com magnitudes distintas em função do tipo de instrução e da condição de concordância. Na condição **com concordância**, o grupo submetido à Aprendizagem Linguística Ativa (ALA) apresentou aumento de 806 ms no pré-teste para 1064 ms no pós-teste, correspondendo a uma variação de +258 ms. No grupo submetido à instrução tradicional, a duração total das fixações aumentou de 898 ms para 1039 ms, correspondendo a uma variação de +141 ms.

Na condição **sem concordância**, observou-se igualmente aumento da duração total das fixações nos dois grupos. No grupo ALA, os valores passaram de 772 ms no pré-teste para 1110 ms no pós-teste, correspondendo a uma variação de +338 ms. No grupo submetido à instrução tradicional, passaram de 800 ms para 967 ms, com uma variação de +167 ms. Descritivamente, portanto, os aumentos pré-pós foram maiores após a intervenção com ALA nas duas condições de concordância, sendo a maior variação observada na condição sem concordância. Esses resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média do tempo total de fixação (ms) no pré-teste e no pós-teste, por condição linguística e tipo de instrução

Condição linguística	Tipo de instrução	Média pré-teste (ms)	Média pós-teste (ms)	Variação pré-pós (ms)
Com concordância	Aprendizagem Linguística Ativa	806	1064	+258
Com concordância	Instrução tradicional	898	1039	+141
Sem concordância	Aprendizagem Linguística Ativa	772	1110	+338
Sem concordância	Instrução tradicional	800	967	+167

Fonte: elaboração própria.

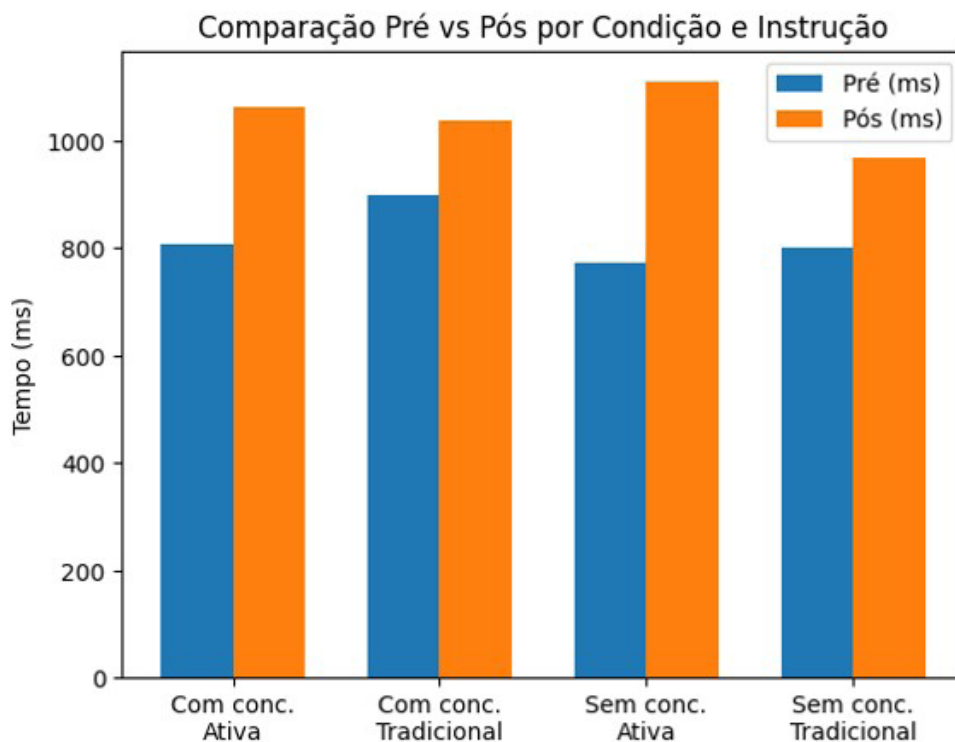


Figura 6. Desempenho no pré-teste e no pós-teste na medida *on-line* por tipo de instrução e condição linguística.

Fonte: elaboração própria.

Para avaliar estatisticamente as diferenças observadas na duração total das fixações, foi conduzida uma análise de variância considerando os fatores condição de concordância (C) e tratamento (T). A análise revelou efeito significativo do fator tratamento, $F(2, 570) = 7,87, p < ,001, \eta^2 = ,027$. Não foi observado efeito significativo da condição de concordância, $F(1, 570) = 0,69, p = ,407, \eta^2 = ,001$, nem interação significativa entre condição de concordância e tratamento, $F(2, 570) = 0,80, p = ,452, \eta^2 = ,003$.

Esses resultados mostram que houve alteração significativa na duração total das fixações em função do tratamento, mas não evidenciam um efeito geral da condição de concordância nem uma interação estatisticamente significativa entre os dois fatores. Assim, embora os valores descritivos indiquem aumentos de magnitudes distintas entre as condições, sobretudo após a intervenção com ALA, essas diferenças de magnitude não correspondem a uma interação estatisticamente significativa entre condição de concordância e tratamento.

As comparações *post-hoc* de Tukey permitiram examinar mais especificamente as mudanças entre pré-teste e pós-teste em cada condição. No grupo submetido à ALA, a diferença entre pré-teste e pós-teste foi estatisticamente significativa tanto na condição **com concordância** ($p = ,034$) quanto na condição **sem concordância** ($p = ,002$). No grupo submetido à instrução tradicional, a diferença entre pré-teste e pós-teste

não atingiu significância estatística na condição **com concordância** ($p = ,071$), mas foi significativa na condição **sem concordância** ($p = ,019$).

As comparações diretas entre ALA e instrução tradicional, entretanto, não revelaram diferenças estatisticamente significativas nas duas condições de concordância. Portanto, os resultados dos testes *post-hoc* mostram diferenças nos padrões de mudança pré-pós observados dentro das condições instrucionais, mas não permitem concluir pela existência de uma diferença estatisticamente significativa entre os dois tipos de instrução na medida *on-line*.

Em conjunto, os resultados mostram aumento da duração total das fixações do pré-teste para o pós-teste nas condições analisadas. Descritivamente, os aumentos foram mais acentuados após a intervenção com ALA, tanto na condição com concordância (+258 ms) quanto, sobretudo, na condição sem concordância (+338 ms), em comparação aos aumentos observados após a instrução tradicional (+141 ms e +167 ms, respectivamente). Do ponto de vista inferencial, observou-se efeito significativo do tratamento e, nas comparações *post-hoc*, diferenças pré-pós significativas nas duas condições após a ALA e apenas na condição sem concordância após a instrução tradicional. Entretanto, a ausência de interação significativa entre condição de concordância e tratamento e de diferenças diretas significativas entre ALA e instrução tradicional recomenda cautela na interpretação desses resultados. Assim, os dados indicam mudanças na alocação de atenção visual após a intervenção, com padrões descritivamente mais acentuados na condição ALA, cuja interpretação deve ser considerada em conjunto com os resultados *off-line* e com os demais indicadores do experimento.

Resultados *off-line*

Cada condição experimental foi composta por oito participantes ($N = 16$). No pré-teste, o grupo submetido à Aprendizagem Linguística Ativa (ALA) apresentou 69 respostas corretas, enquanto o grupo submetido à instrução tradicional apresentou 60. No pós-teste, o número de respostas corretas no grupo ALA aumentou para 79, correspondendo a um aumento de 14,5% em relação ao pré-teste. No grupo Tradicional, o número de respostas corretas passou de 60 para 61, correspondendo a um aumento de 1,7%.

Os resultados descritivos revelam, portanto, padrões distintos de mudança entre as duas condições instrucionais. Enquanto o grupo ALA apresentou um ganho de 10 respostas corretas entre o pré-teste e o pós-teste, o grupo Tradicional apresentou ganho de apenas uma resposta correta. A diferença bruta entre os ganhos observados nas duas condições foi de nove respostas corretas, favorecendo o grupo ALA (Figura 7).

Para avaliar se o desempenho no pós-teste diferiu em função da condição instrucional, controlando-se o desempenho inicial, foi conduzida uma análise de covariância (ANCOVA), tendo a acurácia no

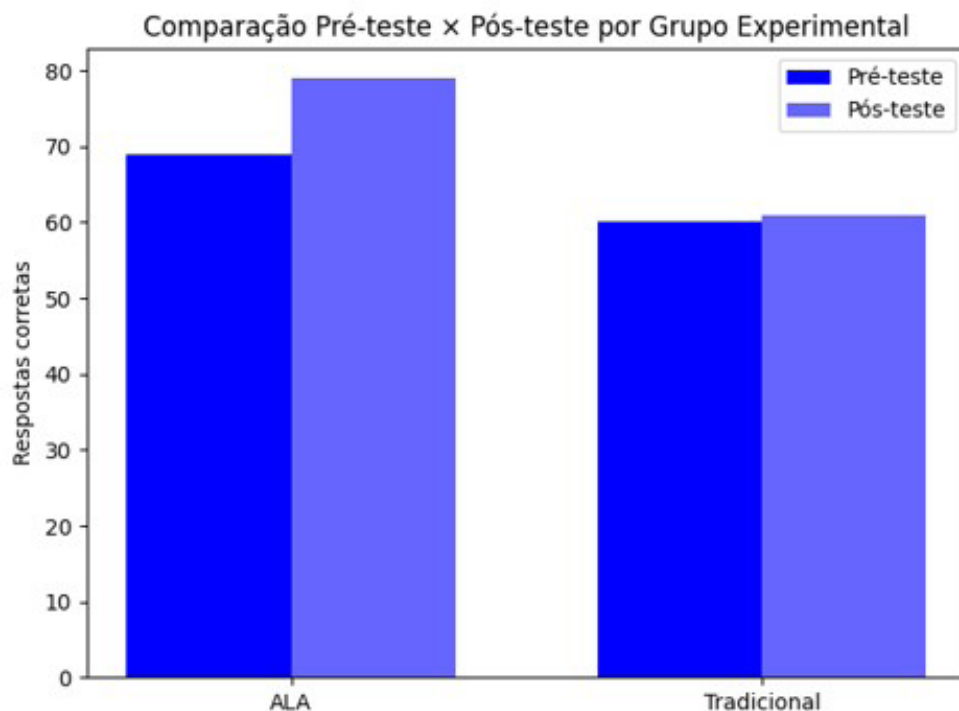


Figura 7 – Comparação do desempenho no pré-teste e no pós-teste nos grupos Aprendizagem Linguística Ativa e Instrução Tradicional.

Fonte: elaboração própria.

pós-teste como variável dependente, a condição instrucional (ALA *vs.* Tradicional) como fator fixo e a acurácia no pré-teste como covariável.

A ANCOVA não revelou efeito estatisticamente significativo da condição instrucional sobre a acurácia no pós-teste, $F(1, 13) = 4,11$, $p = ,064$. Embora o valor de p tenha se situado próximo ao nível convencional de significância ($\alpha = ,05$), o resultado não permite rejeitar a hipótese nula. A acurácia no pré-teste também não apresentou efeito significativo no modelo, $F(1, 13) = 0,63$, $p = ,44$.

Em conjunto, os resultados mostram um ganho descritivo mais acentuado após a intervenção no grupo ALA, contrastando com a relativa estabilidade observada no grupo submetido à instrução tradicional. Contudo, essa diferença entre as condições não atingiu significância estatística na análise inferencial após o controle do desempenho no pré-teste.

Tabela 2. Resultados da Análise de Covariância (ANCOVA) para a acurácia no pós-teste

Fonte de variação	gl	F	p
Condição instrucional (ALA <i>vs.</i> Tradicional)	1, 13	4,11	,064
Acurácia no pré-teste (covariável)	1, 13	0,63	,44

Fonte: elaboração própria.

Discussão

Vejam os mapas de calor a seguir, que ilustram exemplos de padrões de fixação de estudantes que acertaram e erraram as atividades propostas no pós-teste. Comparemos as Figuras 8-9 e 10-11. As sentenças apresentadas são: *Os quadros da galeria retrataram/retratou cenas históricas nas paredes brancas* e *Os sinais da estrada orientaram/orientou motoristas cansados nas madrugadas frias*. Nas Figuras 8 e 9, correspondentes a estudantes que responderam corretamente, observa-se maior concentração de fixações em regiões relevantes para o estabelecimento da concordância, como o núcleo do sujeito, seu modificador e a flexão de número e pessoa do verbo. Nas Figuras 10 e 11, correspondentes a estudantes que responderam incorretamente, observam-se padrões distintos: na Figura 10, as fixações concentram-se predominantemente no modificador do núcleo do sujeito; na Figura 11, observa-se menor concentração de fixações ao longo da sentença.



Figura 8 – Mapa de calor de leitor com maior desempenho no reconhecimento da concordância verbal e resposta correta.

Fonte: elaboração própria.

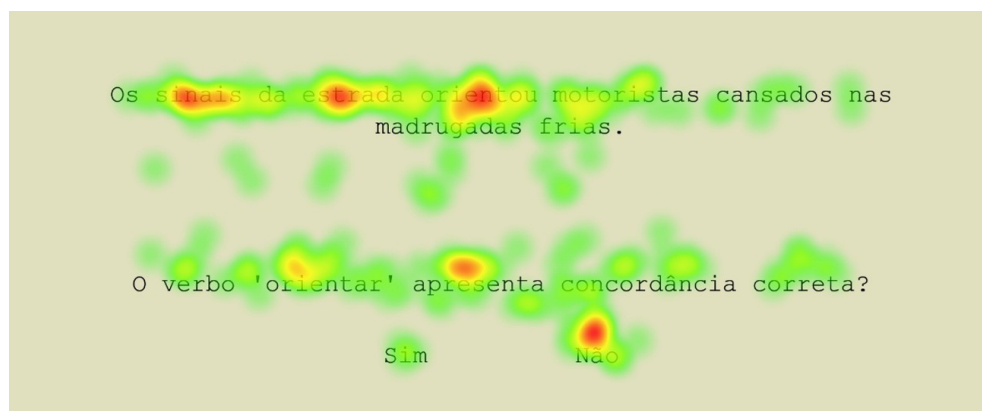


Figura 9 – Mapa de calor de leitor com maior desempenho no reconhecimento da concordância verbal e resposta incorreta.

Fonte: elaboração própria.



Figura 10 – Mapa de calor de leitor com menor desempenho no reconhecimento da concordância verbal e resposta incorreta.

Fonte: elaboração própria.



Figura 11 – Mapa de calor de leitor com menor desempenho no reconhecimento da concordância verbal e resposta incorreta.

Fonte: elaboração própria.

Do ponto de vista da *simplexidade*, os dados sugerem que a explicitação de princípios gerais, em lugar da apresentação de múltiplas regras superficiais, pode favorecer formas mais sistemáticas de lidar com a complexidade gramatical. O aumento da duração total das fixações em regiões relevantes para o processamento da concordância, particularmente observado após a intervenção com ALA, é compatível com uma maior alocação de atenção à estrutura sintática da sentença. Embora o aumento da TFD não possa, isoladamente, ser interpretado como evidência de processamento mais profundo, sua ocorrência em conjunto com o maior ganho descritivo observado nas medidas *off-line* sugere uma mudança na forma como os participantes passaram a inspecionar as relações estruturais relevantes para a concordância. Esse padrão é compatível com a hipótese de que a explicitação de princípios estruturais favoreça a construção de representações mais sistemáticas,

reduzindo a dependência exclusiva de pistas lineares ou de estratégias de processamento “suficientemente boas”.

Os mapas de calor oferecem evidência visual complementar desse padrão, sobretudo nos contextos envolvendo violações de concordância. As diferenças observadas entre as condições instrucionais sugerem maior atenção, no grupo ALA, às regiões estruturalmente relevantes para a identificação da relação de concordância. Esse padrão converge com os resultados *off-line*, nos quais o grupo ALA apresentou maior ganho descritivo de acurácia entre o pré-teste e o pós-teste, embora a diferença entre as condições instrucionais não tenha atingido significância estatística na ANCOVA.

Considerações finais

Este artigo argumentou que uma abordagem gerativista do ensino de gramática, orientada pelo conceito de simplexidade e implementada por meio da Aprendizagem Linguística Ativa, é compatível com a arquitetura cognitiva das línguas humanas e com evidências empíricas da psicolinguística. Ao integrar fundamentos teóricos da gramática gerativa, contribuições das ciências cognitivas e dados experimentais obtidos por rastreamento ocular, buscou-se mostrar como o ensino explícito da estrutura gramatical pode contribuir para processos metacognitivos e para o desenvolvimento de formas de raciocínio sensíveis à estrutura.

Do ponto de vista empírico, os resultados experimentais revelaram padrões distintos entre as condições instrucionais nas medidas *on-line* e *off-line*. Nas medidas *on-line*, observou-se aumento da duração total das fixações após a intervenção, particularmente na condição ALA, indicando mudanças na alocação de atenção durante o processamento das estruturas de concordância. Nas medidas *off-line*, o grupo ALA apresentou ganho descritivo mais acentuado de acurácia entre o pré-teste e o pós-teste, embora a diferença entre as condições instrucionais não tenha atingido significância estatística na ANCOVA. Considerados em conjunto, esses resultados são compatíveis com a hipótese de que a explicitação do sistema linguístico e o uso de materiais manipuláveis, característicos da Gramaticoteca, possam favorecer maior atenção às relações estruturais relevantes para o processamento gramatical.

A integração entre medidas *on-line* e *off-line* permitiu, ainda, examinar conjuntamente mudanças no comportamento ocular durante a leitura e no desempenho em tarefas de análise sintática. Nesse sentido, mapas de calor e gráficos de rastreamento ocular constituem recursos potencialmente relevantes para investigações futuras sobre metacognição, ao possibilitarem a visualização de padrões de atenção durante o processamento de sentenças. Com base nessa possibilidade, propomos que a incorporação de metodologias de rastreamento ocular em pesquisas sobre ensino de gramática, incluindo tarefas de leitura e o paradigma do mundo visual, seja investigada como instrumento para

explorar a relação entre instrução explícita, consciência metalinguística e processamento em tempo real. Essa constitui uma direção para estudos futuros, e não uma conclusão diretamente demonstrada pelo presente experimento.

Para além dos efeitos pedagógicos imediatos, essa abordagem possui implicações sociais mais amplas. Em um cenário marcado pela infodemia e pela proliferação de *fake news*, a formação linguística baseada em estrutura e metacognição contribui para o fortalecimento da vigilância epistêmica dos aprendizes. Ao desenvolver a capacidade de analisar a organização interna das sentenças e distinguir entre fluência superficial e coerência estrutural, os estudantes tornam-se mais aptos a avaliar criticamente discursos e a resistir à manipulação linguística.

Esse argumento torna-se ainda mais relevante diante de evidências recentes sobre os limites da inteligência artificial (IA). Um crescente conjunto de evidências empíricas reforça que a educação baseada em gramática não pode ser substituída por análises estatísticas superficiais conduzidas por IA. Em uma avaliação abrangente do modelo o3 da OpenAI, Murphy, Leivada e Dentella *et al.* (2025) demonstram que mesmo modelos de linguagem de última geração falham sistematicamente em representar princípios gerativos fundamentais, como composição hierárquica, incorporação recursiva ou dependência sintática, apesar de seu desempenho impressionante em tarefas lineares ou distribucionais.

Esses resultados têm implicações educacionais diretas: se sistemas de IA não conseguem representar internamente as estruturas que fundamentam a cognição linguística humana, abordagens pedagógicas que privilegiam a fluência superficial ou a chamada “linguagem simples” (Silva; Lagares; Maia, 2024), em detrimento da complexidade estrutural, correm o risco de alinhar o ensino às limitações da IA, e não ao *design* natural da mente humana.

Em síntese, ao articular fundamentos da linguística teórica, da psicolinguística experimental e das ciências da aprendizagem, este estudo contribui para avançar a compreensão da relação entre instrução formal, processamento sintático em tempo real e desempenho linguístico. A articulação entre transparência estrutural e simplexidade, no sentido de soluções cognitivas economicamente eficientes para sistemas complexos, mostra que a educação linguística pode gerar inteligência operatória capaz de lidar com a complexidade informacional sem reducionismos, formando sujeitos epistemicamente vigilantes e intelectualmente autônomos. Articuladas dessa forma, as propostas discutidas neste artigo, em especial o uso da Aprendizagem Linguística Ativa e o uso do rastreamento ocular, têm potencial para se configurar como um programa mais amplo e cumulativo de pesquisa, voltado à investigação empírica dos efeitos de diferentes temas gramaticais e sua relação com o processamento linguístico e a aprendizagem na Educação Básica, bem como para a qualificação do ensino de língua portuguesa diante dos desafios cognitivos e sociais contemporâneos.

Referências

BARRETO, Ricardo *et al.* *Ser protagonista: língua portuguesa – 3º ano do ensino médio*. v. 3. São Paulo: SM, 2016.

BERTHOZ, Alain. *Simplicity: simplifying principles for a complex world*. New Haven: Yale University Press, 2012.

BEVER, Thomas G.; TOWNSEND, David J. Perceptual mechanisms and formal properties of main and subordinate clauses. In: COOPER, William E.; WALKER, Edward C. T. (org.). *Sentence processing: psycholinguistic studies presented to Merrill Garrett*. Hillsdale: Erlbaum, 1979. p. 159-226.

CHOMSKY, Noam. *Syntactic structures*. The Hague: Mouton, 1957.

CHOMSKY, Noam. *Lectures on government and binding*. Dordrecht: Foris, 1981.

CHOMSKY, Noam. *Language and problems of knowledge: the Managua lectures*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

CHOMSKY, Noam. *The minimalist program*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

CHOMSKY, Noam. Derivation by Phase. In: KENSTOWICZ, Michael (ed.). *Ken Hale: a life in language*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 1-52.

CHOMSKY, Noam. Three factors in language design. *Linguistic Inquiry*, v. 36, p. 1-22, 2005.

CURRY, Joshua D. *Recursive meta-metacognition: A hierarchical model of self-evaluation* (Preprint). 2025. Disponível em: https://osf.io/preprints/osf/6htde_v1

DEHAENE, Stanislas. *¿Cómo aprendemos?* Madrid: Siglo XXI, 2019.

EVERAERT, Martin; HUYBREGTS, Marinus; CHOMSKY, Noam; BERWICK, Robert; BOLHUIS, Johan. Structures, not strings: linguistics as part of the cognitive sciences. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 19, n. 12, p. 729-743, 2015.

FORLIZZI, Francesco. *Cognitive vs. generative linguistics: a very brief comparison of the two frameworks*. 2017. Disponível em: <https://unive.academia.edu/FrancescoForlizzi/Short%20Papers>. Acesso em: 27 jan. 2026.

GALLEGO, Ángel J.; CHOMSKY, Noam. The faculty of language. *Revista Sociedad Española de Lingüística*, v. 16, 2020.

HASPELMATH, Martin. Towards standardization of morphosyntactic terminology for general linguistics. In: ALFIERI, Luca; ARCODIA, Giorgio Francesco; RAMAT, Paolo (ed.). *Linguistic categories, language description and linguistic typology*. Amsterdam; Philadelphia: John Benjamins, 2021. p. 35-58.

LIAKAKIS, George; NICKEL, Jan; SEITZ, R. J. Diversity of the inferior frontal gyrus. *Behavioural Brain Research*, v. 225, n. 1, p. 341-347, 2010.

LOHNDAL, Terje; URIAGEREKA, Juan. Third-factor explanations and Universal Grammar. In: ROBERTS, Ian (org.). *The Oxford handbook of Universal Grammar*. Oxford: Oxford University Press, 2017. p. 114-128.

MAIA, Marcus. Linguística experimental: aferindo o curso temporal e a profundidade do processamento. *Revista de Estudos da Linguagem*, v. 21, p. 9-42, 2013.

MAIA, Marcus. Computação estrutural e de conjunto na leitura de períodos: um estudo de rastreamento ocular. In: MAIA, Marcus. (org.). *Psicolinguística e educação*. Campinas: Mercado de Letras, 2018. p. 103-132.

MAIA, Marcus. Rastreamento ocular de períodos compostos e consciência sintática. In: MAIA, Marcus. (org.). *Psicolinguística e metacognição na escola*. Campinas: Mercado de Letras, 2019. p. 96-104.

MAIA, Marcus. Eye tracking sentences in language education. *Diacrítica*, v. 36, n. 1, p. 6-36, 2022.

MAIA, Marcus. Terraplanismo linguístico? In: SILVA, Adelaide; LAGARES, Xoán; MAIA, Marcus (org.). *Linguagem simples para quem? A comunicação cidadã em debate*. Campinas: Editora da Abralín, 2024. p. 127-147.

MAIA, Marcus. Terceiro fator. In: OTHERO, Gabriel de Ávila; FLORES, Valdir do Nascimento (org.). *Guia conceitual da linguística de Noam Chomsky*. São Paulo: Editora Contexto, 2026. p. 202-208.

MAIA, Marcus; PILATI, Eloísa. *Sentence-level metacognition, simplicity and Active Linguistic Learning: theoretical, empirical, and experimental evidence supporting a generative-cognitive framework in linguistic education*. (no prelo)

MATLIN, Margaret W. *Psicologia cognitiva*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003.

MURPHY, Elliot; LEIVADA, Evelina; DENTELLA, Valeria; GUNTHER, Frank; MARCUS, Gary. *Fundamental principles of linguistic structure are not represented by o3*. 2025.

NELSON, Matthew J. *et al.* Neurophysiological dynamics of phrase-structure building during sentence processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 18, p. E3669–E3678, 2017.

PEREPLYOTCHIK, David. The psychological reality of syntactic principles. In: PEREPLYOTCHIK, David. *Psychosyntax: the nature of grammar and its place in the mind*. Cham: Springer, 2017. p. 223–280.

PILATI, Eloisa. *Linguística, gramática e aprendizagem ativa*. Campinas: Pontes Editores, 2017.

PILATI, Eloisa. *Aprendizagem linguística ativa*. Campinas: Pontes Editores, 2024.

RIBEIRO, Ana Júlia C. Late closure e good-enough no processamento de frases garden-path. *Revista Virtual de Estudos da Linguagem*, v. 10, p. 84-106, 2012.

RIBEIRO, Sara. *O processamento da oração principal em períodos compostos por subordinação e coordenação padrões de leitura e formação de pontos de vista*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

ROEPER, Thomas; MAIA, Marcus; PILATI, Eloisa. *Experimentando linguística na escola*. Campinas: Pontes, 2020.

SILVA, Adelaide; LAGARES, Xoán; MAIA, Marcus. *Linguagem simples para quem: a comunicação cidadã em debate*. Campinas: Editora da Abralín, 2024.

VAN RIJT, Jimmy; NYGÅRD, Mari. Relationships between linguistic theory and L1 grammar education revisited: a Delphi study on the key metaconcepts in the syntax-semantics interface. *Open Linguistics*, v. 12, n. 1, p. 1–32, 2026.

VYSHEDSKIY, Andrey. Language evolution to revolution: the leap from rich-vocabulary non-recursive communication system to recursive language 70,000 years ago was associated with acquisition of a novel component of imagination, called Prefrontal Synthesis, enabled by a mutation that slowed down the prefrontal cortex maturation simultaneously in two or more children – the Romulus and Remus hypothesis. *Research Ideas and Outcomes*, v. 5, 2019.

VYSHEDSKIY, Andrey *et al.* Novel prefrontal synthesis intervention improves language in children with autism. *Healthcare (Basel)*, v. 8, n. 4, p. 566, 2020.

Cognition, Grammar and Simplexity: An Argument for the Effectiveness of the Generative Gramaticoteca Proposal for Basic Education Based on Neuroscience and Psycholinguistics

ABSTRACT

This article investigates the contributions of generative grammar to language teaching in light of the concept of simplexity, conceived as a property of complex cognitive systems that emerge from simple, economical, and recursive computational principles, as posited in contemporary linguistic theory, arguing that models grounded in such principles are compatible with the mental architecture of language and with empirical evidence from psycholinguistics and cognitive neuroscience. It is further argued that contemporary grammar instruction should integrate insights from theoretical linguistics with experimental evidence, promoting the explicit representation of abstract structures and the development of linguistic metacognition. To this end, the article presents the results of a psycholinguistic experiment using eye-tracking, conducted with 16 primary/secondary school students, which compared traditional grammar instruction with an Active Linguistic Learning approach (Gramaticoteca), grounded in the conscious manipulation of syntactic structures and explicit reflection in the teaching of subject-verb agreement. The results indicate greater sensitivity to hierarchical structural properties and improved performance in syntactic analysis tasks in the group exposed to the active approach. Finally, it is argued that this type of instruction, by making salient the computational principles underlying sentence structure and fostering analytically grounded reasoning based on linguistic evidence, may contribute to the development of epistemic vigilance in contexts of infodemic and misinformation, by strengthening mechanisms of critical monitoring and evaluation of linguistic information.

KEYWORDS: Grammar instruction. Simplexity. Eyetracking.