

Universidade Federal do Rio de Janeiro

ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA

Renata Teixeira da Vitória Libotti



ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA

Renata Teixeira da Vitória Libotti

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Linguística da Universidade Federal do Rio De Janeiro.

Orientadora: **Prof.^a Dr.^a Aniela Imbrota França**

Coorientadora: **Prof.^a Dr.^a Cláudia Márcia Nacif Drummond**

Rio de Janeiro
Maio – 2025

ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA

Renata Teixeira da Vitória Libotti

Professora Doutora Aniela Improta França
Professora Doutora Cláudia Márcia Nacif Drummond

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Linguística, Faculdade de Letras, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Linguística.

BANCA EXAMINADORA

Presidente, Professora Doutora Aniela Improta França
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Professora Doutora Adriana Leitão Martins
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Professora Doutora Marije Soto
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Professora Doutora Renata Mousinho Pereira da Silva
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Professor Doutor Thiago Motta Sampaio
Universidade Estadual de Campinas

Tese de Doutorado defendida em 19 de maio de 2025.

CIP - Catalogação na Publicação

T266a Teixeira da Vitória Libotti, Renata
 ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA /
 Renata Teixeira da Vitória Libotti. -- Rio de
 Janeiro, 2025.
 159 f.

 Orientadora: Anieli Improta França.
 Coorientador: Cláudia Márcia Nacif Drummond.
 Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio
 de Janeiro, Faculdade de Letras, Programa de Pós
 Graduação em Linguística, 2025.

 1. Apraxia de Fala na Infância. 2. Linguagem. 3.
 Fala. I. Improta França, Anieli, orient. II. Nacif
 Drummond, Cláudia Márcia, coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

*Dedico esta tese à minha filha Nina, luz dos meus dias,
por me ensinar a escutar com o coração e a buscar, sempre, novos
horizontes.*

AGRADECIMENTOS

Este espaço é para agradecer a todos que fizeram parte desta jornada. Agradeço, antes de tudo, à minha filha Nina, a quem dedico esta tese. Sem ela, não haveria pesquisa, motivação nem tantas lições que me transformaram ao longo deste caminho.

Um agradecimento especial à minha orientadora **Aniela**, pela confiança em meu trabalho e por apoiar e acreditar nas minhas ideias, desafiando-me sempre a ir além. Agradeço também pelo apoio constante, paciência, generosidade intelectual e por me guiar com tanta sabedoria.

Minha coorientadora **Cláudia**, obrigada pelas valiosas contribuições, carinho e por me apoiar, especialmente na árdua tarefa de enfrentar a Plataforma Brasil, sempre com paciência e dedicação.

À Kelly Meuser, amiga querida, agradeço por ter me incentivado a voltar a estudar, e por ter acreditado em mim mesmo quando eu ainda duvidava.

À professora Mônica Nobre, que me presenteou ao me apresentar o professor Marcus Maia, que por sua vez me apresentou à professora Aniela, abrindo caminhos essenciais para esta jornada, agradeço imensamente.

Agradeço à Jéssica Marques, amiga generosa e fonoaudióloga dedicada, que me ajudou a encontrar participantes para a pesquisa, sempre disposta a colaborar, e à Beatriz Gonçalves, da Clínica "Brincar de Falar", por ceder gentilmente o espaço e permitir que seus pacientes contribuíssem para o estudo.

Às amigas Fabiane Brasil e Carla Paes, fonoaudiólogas competentes, que apoiaram minha pesquisa, cedendo seus pacientes para enriquecer o trabalho, meu muito obrigada!

Tia Valéria, da escola Curumin, obrigada pela parceria, pela generosidade e por ser a ponte que permitiu a participação das crianças do grupo controle, contribuindo de forma inestimável para esta pesquisa.

Um agradecimento especial a todas as crianças voluntárias e aos seus responsáveis, que confiaram no propósito desta pesquisa e permitiram sua participação, tornando este trabalho possível e cheio de significado.

Gratidão à **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, instituição pública e comprometida com a produção de pesquisa de excelência, que tem sido meu lar acadêmico desde a graduação.

Aos membros da banca de doutorado, minha profunda gratidão pela dedicação, pela leitura atenta e pela presença em um momento tão importante de encerramento desta caminhada.

Ao Laboratório de Acesso Sintático (ACESIN) e aos colegas de doutorado, sou extremamente grata pela jornada compartilhada, pelo apoio mútuo e pelos momentos de aprendizado e troca. Um obrigada especial à Stefanie Martin, Moíra Souza, Grazielle Soares, Olívia Bogo, Leonardo Cabral, Ana Letícia Paes e Pedro Sousa.

Finalmente, agradeço ao **CNPq** pela bolsa concedida, que tornou possível a realização deste doutorado.

A todos esses, minha eterna gratidão.

RESUMO

ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA

A Apraxia de Fala na Infância (AFI) é um transtorno neurológico que afeta a organização motora da fala, comprometendo a precisão e a consistência dos movimentos articulatorios, mesmo na ausência de déficits neuromusculares. Este estudo investigou a relação entre AFI e memória de trabalho por meio de três experimentos com crianças de 3 a 11 anos pareadas por idade e gênero com controles neurotípicos.

O primeiro experimento avaliou o tempo e a acurácia no acesso lexical em palavras de diferentes tamanhos silábicos. O segundo mediu a capacidade de manutenção da informação na memória de trabalho a partir de uma tarefa de nomeação com atraso variável. O terceiro explorou a criatividade linguística com contextos com e sem suporte pragmático, em tarefas de criatividade narrativa.

Os resultados indicam que crianças com AFI apresentam maior latência e tempo de produção, independentemente da idade ou complexidade lexical. O suporte pragmático teve efeito limitado sobre a aceitabilidade das respostas. Apesar do baixo poder preditivo do tratamento estatísticos devido ao baixo (N), os dados sugerem que os déficits observados refletem maior custo cognitivo, apontando para um envolvimento significativo da memória de trabalho na AFI.

Palavras-chave: Apraxia de Fala na Infância (AFI), Linguagem, Fala, Memória de Trabalho.

ABSTRACT

Childhood Apraxia of Speech (CAS) is a neurological speech sound disorder that affects the accuracy and consistency of speech movements in the absence of neuromuscular deficits. This study explores the relationship between CAS and working memory through three experiments involving children aged 3 to 11, matched by age and gender with neurotypical controls.

The first experiment assessed lexical access speed and accuracy across words of varying syllabic lengths. The second tested working memory retention via a delayed naming task with varying response latencies. The third investigated linguistic creativity with and without pragmatic support through narrative completion tasks.

Results showed that children with CAS exhibited longer production times and latencies regardless of age or lexical complexity. Pragmatic cues had a limited effect on response acceptability. While regression models showed low predictive power, the consistently longer latencies, especially when errors occurred, suggest increased cognitive load, supporting the hypothesis of a working memory involvement in CAS.

Keywords: Childhood Apraxia of Speech, Language, Speech, Working Memory.

SUMÁRIO

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	14
2. A APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA (AFI)	19
2.1 Como tudo começou	19
2.2 AFI – uma perspectiva geral até os dias de hoje	23
2.3 AFI e os acometimentos ligados ao FOXP2	25
2.4 AFI e a Apraxia de Fala Adquirida	31
2.5 AFI – um subtipo dos Transtornos dos Sons da Fala	34
3. O CONTROLE MOTOR DA FALA	41
3.1 Na neurologia	42
3.2 Na fonoaudiologia	51
3.3 Na linguística	58
4. A MEMÓRIA DE TRABALHO	64
4.1 A memória de trabalho e sua interface com a linguagem	68
4.2 Atenção e controle inibitório na AFI	71
5. AAQUISIÇÃO E O ACESSO LEXICAL	73
6. EXPERIMENTOS	79
6.1 Participantes	80
6.2 Teste 1	80

6.3	Teste 2	82
6.4	Teste 3	83
6.5	Resultados	86
6.5.1	Teste 1	86
6.5.2	Teste 2	106
6.5.3	Teste 3	120
7.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	131
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E ENCAMINHAMENTOS	136
	REFERÊNCIAS	138
	ANEXOS E APÊNDICES	
	Apêndice 1: Caracterização dos participantes com Apraxia de Fala na Infância (AFI)	146
	Anexo 1: Parecer substancial do CEP com aprovação da pesquisa	148
	Anexo 2: Fotos dos experimentos	152
	Anexo 3: TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido)	154
	Anexo 4: Termo de Autorização Institucional	159

Índice de figuras	Páginas
Figura 1: Linhagem da família KE	27
Figura 2: Os Transtornos dos Sons da Fala (ASHA)	35
Figura 3: Sistema de classificação dos TSF (Shriberg)	39
Figura 4: A hierarquia do controle motor da fala (Hayden)	41
Figura 5: Áreas de transmissão primárias e algumas áreas sensoriais e motoras secundárias no hemisfério esquerdo	48
Figura 6: Diagrama do caminho dos impulsos aferentes sensoriais visuais do lado esquerdo da retina de cada olho para o córtex transmissor da fissura calcarina do hemisfério esquerdo	49
Figura 7: O homúnculo de Penfield	50
Figura 8: Os processos subjacentes à produção da fala (Caruso e Strand)	53
Figura 9: Os processos envolvidos na produção da fala (Levelt)	59
Figura 10: Disposição das imagens – teste 1	81
Figura 11: Cronologia do teste 1	81
Figura 12: Exemplo do experimento 2	83
Figura 13: Experimento 3 (história com apoio pragmático)	84
Figura 14: Experimento 3 (história sem apoio pragmático)	84
Figura 15: Experimento 3 (história sem apoio pragmático)	85
Figura 16: Experimento 3 (história com apoio pragmático)	85

Índice de tabelas e quadros	Páginas
Quadro 1: Desenvolvimento infantil (0 a 3 anos)	75
Tabela 1: Estímulos do experimento 1	81
Tabela 2: Estímulos do experimento 2	82
Tabela 3: Análise descritiva – teste 1	87
Tabela 4: ANOVA para tempo de produção – teste 1	98
Tabela 5: Modelo de regressão linear – teste 1	99
Tabela 6: Análise descritiva – teste 2	107
Tabela 7: ANOVA para latência – teste 2	115
Tabela 8: Modelo de regressão linear – teste 2	117
Tabela 9: Análise descritiva – teste 3	121
Tabela 10: ANOVA para tempo – teste 3	126
Tabela 11: Modelo de regressão linear – teste 3	128

Índice de gráficos	Páginas
Gráfico 1: tempo de resposta – teste 1	104
Gráfico 2: acurácia – teste 1	105
Gráfico 3: latências – teste 2	119
Gráfico 4: acurácia – teste 3	129
Gráfico 5: tempo – teste 3	129

ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA

“Grande parte da complexidade de uma língua não é necessária para uma comunicação eficaz.”

1. INTRODUÇÃO

Não poderia discordar com maior veemência da epígrafe desta tese, retirada de um livro do linguista israelense Guy Deutscher (2010). Precisamos de toda a complexidade cognitiva da linguagem para nos comunicarmos. Para quem tem ao seu dispor a miríade de circuitos perisilvianos voltados à linguagem, junto das alças subcorticais de memória de trabalho e episódica, a comunicação pode ser um dos subprodutos corriqueiros da linguagem. Mas basta um pequeno desajuste na arquitetura do cérebro, mesmo com a nossa enorme capacidade plástica, e mesmo colocando em uso todos *os recursos complexos* de computação sintática e fonológica, a nossa capacidade de comunicação eficaz pode sim ficar bastante prejudicada.

Por exemplo, uma criança com Apraxia da Fala na Infância (AFI), tema principal desta tese, pode não conseguir se comunicar de forma eficaz por meio da fala. Ela pode apresentar quebras coarticulatórias que a leve a (i) separar e reiterar os fonemas dentro das sílabas: “Bo-om di-di-a”; (ii) inserir pausas hesitórias entre palavras ou dentro de palavras: “Quero ah, ah sor –uh– uh –vete”; (iii) ser capaz de produzir um fonema corretamente em um determinado contexto, mas incorretamente em outro: fala o /p/ em ‘Peppa’, mas não em ‘papai’.

A linguagem é o sistema cognitivo mais complexo da espécie e as línguas naturais espelham com sua estrutura toda a dotação genética da Faculdade de Linguagem. Embora a fala seja natural e reflexa, tanto que é adquirida ainda por volta dos dois anos, ela é, na verdade, extremamente complexa e envolve uma programação neuronal que mobiliza e articula um grande número de áreas cerebrais, todas absolutamente necessárias para a estruturação e processamento da linguagem.

Durante o desenvolvimento da linguagem, bebês atingem marcos semelhantes no desenvolvimento linguístico aproximadamente ao mesmo tempo, independentemente do idioma ao qual são expostos. Ao nascer, os bebês são capazes de perceber as diferenças entre todas as unidades fonéticas usadas nas línguas do mundo. Todos os bebês apresentam essas habilidades

universais, a despeito do ambiente linguístico em que estão sendo criados. Contudo, ao final do primeiro ano, os bebês não conseguem mais discriminar contrastes que não são relevantes para a

sua língua nativa, já se assemelhando ao padrão adulto. Segundo Kuhl (1998), isso acontece porque por volta de um ano de idade, os sistemas perceptual e perceptivo-motor dos bebês já foram alterados pela experiência linguística que eles têm com a língua da sua comunidade de fala. A percepção fonética se ajusta drasticamente para se adequar ao padrão do idioma nativo, e é possível perceber, comumente, o início da produção de fala nesse momento.

De maneira semelhante, uma transição ocorre na produção da fala, independentemente da cultura. Ao final do primeiro ano, no entanto, as falas dos bebês criados em diferentes países começam a divergir, refletindo a linguagem local. Na idade adulta, os padrões motores da fala contribuem para nossos sotaques ao tentarmos falar outro idioma. Kuhl descreve esse processo da seguinte forma:

[...] a experiência linguística produz um tipo especial de mudança de desenvolvimento – o estímulo linguístico modifica a forma como o cérebro processa a fala, resultando na criação de mapas mentais complexos para a fala. O mapeamento "ajusta" as dimensões subjacentes, alterando a percepção de forma a destacar as categorias da língua nativa, ao mesmo tempo em que torna as categorias da língua estrangeira menos discrimináveis. Esse mapeamento não é como o aprendizado tradicional. Não depende de reforço externo e parece ser inconsciente e duradouro. (Kuhl, 1998, p. 57, tradução nossa).

Toda essa programação é permeada de especificidades que podem apresentar disfunções congênitas e adquiridas, e que se instauram como dificuldades ou mesmo barreiras na aquisição e produção da fala de crianças e adultos. Esses são os casos de inúmeras disfunções que são bastante estudadas nas áreas de neurociências, linguística e fonoaudiologia, e que serão delimitadas e abordadas na presente tese de doutorado.

Nas últimas décadas, pesquisadores identificaram uma série de características comuns observadas em crianças que apresentavam algum transtorno de fala. Tais características eram muito semelhantes a sintomas descritos em relação a uma condição, a Apraxia de Fala, que afeta adultos que tiveram um AVC ou qualquer lesão cerebral. As crianças observadas pareciam ter todo o aparato necessário para o mecanismo de fala íntegro, ou seja, tecnicamente não havia nada que as impedisse de falar. No entanto, elas demonstravam uma dificuldade significativa na produção da fala, incluindo, como já citamos, o sequenciamento de fonemas, inconsistência nos erros, dificuldade na imitação de movimentos orais, entre outros. Dadas as semelhanças em relação aos adultos com Apraxia de Fala Adquirida, pesquisadores começaram a identificar essas crianças como apráxicas ou dispráxicas. O termo Apraxia de Fala na Infância (AFI) foi então recomendado

pela Associação Americana de Fonoaudiologia ou ASHA (do inglês *American Speech Language-Hearing Association*):

A apraxia da fala na infância (AFI) é um transtorno neurológico dos sons da fala na infância em que a precisão e a consistência dos movimentos subjacentes à fala são prejudicados na ausência de déficits neuromusculares (por exemplo, reflexos anormais, tom anormal). A AFI pode ocorrer como resultado de comprometimento neurológico conhecido, em associação com transtornos neurocomportamentais complexos de origem conhecida ou desconhecida ou como transtorno neurogênico idiopático dos sons da fala. O comprometimento central no planejamento e/ou programação de parâmetros espaço-temporais de sequências de movimento resulta em erros na produção de sons da fala e na prosódia. (*Ad Hoc Committee on Apraxia of Speech in Children*, ASHA 2007, tradução e grifos nossos).¹

Uma das manifestações da AFI é a quebra significativa na precisão da fala conforme as palavras se tornam cada vez mais complexas (por exemplo, aumento do número de fonemas e sílabas). Acredita-se que a AFI tenha uma base neurobiológica que resulta em uma capacidade prejudicada de planejar e/ou programar os movimentos para a fala (ASHA, 2007).

Cerca de uma a duas em cada mil crianças têm AFI (ASHA, 2007). O transtorno pode ser detectado durante o estágio pré-linguístico do desenvolvimento da linguagem – crianças com AFI são em geral bebês mais silenciosos e durante o período do balbúcio há normalmente prolongamento das vogais, em oposição ao padrão usual (CVCV). Uma vez que a criança é capaz de falar, existem características comuns que podem ser generalizadas para os pacientes com AFI. Essas incluem, além das quebras de coarticulação e erros inconsistentes em produções repetidas da mesma palavra (como já mencionado anteriormente), uma prosódia inadequada, particularmente no que diz respeito a padrões de ênfase lexical e frasal. Além disso, as sílabas podem ser estendidas de forma não natural e o planejamento motor interrompido devido à AFI (Case; Grigos, 2016).

Pesquisas mostram que crianças com AFI apresentam déficits em todos os níveis de produção da fala, incluindo a representação lexical (Shriberg; Aram; Kwiatkowski, 1997). No entanto, recentemente, o planejamento e a programação motores têm sido reconhecidos como o déficit primário para crianças com AFI. Para pronunciar uma palavra, coordenar respiração e

¹ *Childhood apraxia of speech (CAS)* is a neurological childhood (pediatric) speech sound disorder in which the precision and consistency of movements underlying speech are impaired in the absence of neuromuscular deficits (e.g., abnormal reflexes, abnormal tone). CAS may occur as a result of known neurological impairment, in association with complex neurobehavioral disorders of known or unknown origin, or as an idiopathic neurogenic speech sound disorder. The core impairment in planning and/or programming spatiotemporal parameters of movement sequences results in errors in speech sound production and prosody.

produzir o gesto motor da fala, incluindo programação, planejamento motor, sequenciação e execução, pode ser desafiador demais para a criança com AFI (ASHA, 2007).

Partindo-se para o nível da frase, as dificuldades podem se agravar. A criança pode parecer distraída ou pode simplesmente “perder-se” em suas ideias. Mas, na realidade os relatos nos mostram que essas crianças estão lutando no seu próprio tempo para conseguirem se expressar. Como a fala é reflexa para a maioria de nós, as crianças com AFI, em geral têm interlocutores que podem demonstrar impaciência ou desengajamento por terem que esperar um tempo atipicamente longo para que a conversa possa fluir.

Mas exatamente por que isso acontece? Será que a disfunção motora do gesto da fala acaba sobrecarregando a capacidade de retenção de partes das frases na memória de trabalho? Ou será que é um problema anterior ainda, específico do acesso lexical, ou os dois?

O presente estudo tem como objetivo geral investigar a relação entre a dificuldade no acesso lexical e a produção alterada na fala da criança com AFI. Se pensarmos que uma criança com AFI tem que lidar com uma falha na conexão dos músculos responsáveis pela produção da fala com os circuitos de acesso lexical e de concatenação de sintagmas, é necessário pensarmos também em falhas no processamento. Mas de que tipo? Será que quanto maior a palavra, mais programações motoras o cérebro tem que enviar para controlar os músculos e articulações do aparelho fonador? Queremos poder precisar esses aspectos.

Sabe-se também que outros aspectos cruciais para o processamento são a atenção e o controle inibitório que funcionam em paralelo com a memória de trabalho (Baddeley, 1986 *apud* Dodwell; Bavin, 2008). No dia a dia da criança com AFI, é perceptível que tanto a falta de atenção quanto a diminuição do controle inibitório são características presentes. Mas a atenção e o controle inibitório trabalham juntos, uma vez que os processos inibitórios são importantes na redução de distrações ou estímulos irrelevantes? Caracterizar melhor a dinâmica desse sistema é um dos objetivos desta tese. Por fim, uma das características mais salientes da linguagem humana é a criatividade linguística. Até que ponto essas interrupções no fluxo da fala da criança com AFI afetam a criatividade? Essas são algumas perguntas básicas que esta tese gostaria de responder, assim colocando mais em evidência na pauta das discussões linguísticas esta importante neuroatipia.

Os testes padronizados para avaliar o progresso no desenvolvimento de linguagem são comumente utilizados na avaliação para o diagnóstico da AFI. Entretanto, eles não parecem atender de maneira totalmente satisfatória a esse propósito visto que foram criados para uma avaliação mais geral concernente à motricidade orofacial e à linguagem de forma geral. A avaliação é geralmente realizada em situação informal (observação do desempenho do indivíduo em situação lúdica e contexto natural de interação) e formal, baseada em testes/protocolos específicos, tais como Teste ABFW (Andrade et al, 2023); Avaliação de Maturidade Simbólica (Befi-Lopes; Takiuchi; Telles, 2003); Kaufman Test – Teste de Avaliação de Habilidades Práticas (Santos, 2021), Checklist Childhood Apraxia of Speech (ASHA, 2007), Sistema de Observação da Hierarquia Motora de Fala (Namasivayam, 2020).

Como mãe de uma criança apráxica, verifico cotidianamente que apesar da disfunção parecer ser, em ampla medida, da alçada da fonoaudiologia, a AFI é um fenômeno eminentemente transdisciplinar e necessita do olhar da neurobiologia, neurolinguística e linguística experimental para que consigamos intervenção efetiva. Com isso me envolvi, pelo que sabemos, com o primeiro estudo no Brasil a explorar experimentalmente a apraxia infantil sob a ótica linguística.

Assim, para o presente estudo foram construídos uma série de testes que abordam sub-rotinas envolvidas no acesso lexical, e o envolvimento tanto do processo articulatório quanto do armazenamento fonológico no planejamento motor da fala. Nosso objetivo é que eles possam gerar parâmetros que ajudem na elucidação da disfunção e divulgação do tema no âmbito educacional, tornando-se referência para educadores e pais de pacientes apráxicos.

Esta tese está organizada em oito capítulos. Depois desta Introdução, discutiremos sobre a Apraxia de Fala na Infância, o papel do FOXP2 como o gene da linguagem e sobre a AFI como sendo um subtipo dos Transtornos dos Sons da Fala (TSF). Em se tratando de um transtorno motor, como a AFI, o controle motor da fala, tema do terceiro capítulo, será abordado nas três áreas de interface – a neurologia, a fonoaudiologia e a linguística. O quarto capítulo será dedicado à memória de trabalho na perspectiva de Baddeley e Hitch e o quinto capítulo tratará do Acesso Lexical. Em seguida, apresentaremos a metodologia e prosseguiremos para os resultados e conclusão.

2. A APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA

2.1 Como tudo começou

Antes de tratarmos da AFI propriamente dita, é importante contextualizar o início dos estudos dos transtornos de fala e linguagem. O trabalho pioneiro de um pequeno grupo de clínicos que atuava em Londres no final do século XIX revela como os transtornos de fala e linguagem do desenvolvimento eram abordados na década de 1890 (Hadden, 1891). No artigo *On certain defects of articulation in children, with cases illustrating the results of education on the oral system*, publicado em 1891 no Journal of Mental Science (hoje British Journal of Psychiatry), Hadden revelou preocupações semelhantes às atuais em relação à natureza dessas populações especiais e sugeriu estudá-las a fim de ampliar a compreensão teórica sobre os transtornos de linguagem.

Até a década de 1890, o foco clínico estava voltado principalmente para crianças com transtornos de linguagem adquiridos resultantes de doenças agudas. Nessa época, após o importante estudo de Broca, em 1861, que ligava a linguagem a uma área específica do cérebro, havia um grande interesse nos casos de afasia adquirida em crianças. Embora fossem frequentes as publicações sobre afasia infantil adquirida, uma extensa revisão da literatura médica da época não revelou nenhum caso clínico de comprometimento no desenvolvimento da linguagem. Algumas crianças com dificuldades atípicas de aquisição de linguagem eram, no âmbito educacional, agrupadas com crianças surdas ou com deficiência intelectual, sugerindo que seus problemas de linguagem eram atribuídos a déficits sensoriais ou intelectuais. Com as descrições dessa nova condição clínica, o interesse científico se expandiu, passando dos transtornos de linguagem adquiridos para as deficiências no desenvolvimento da linguagem (Lorch; Hellal, 2012).

Hadden descreveu os problemas de fala de Charles M., um menino de 11 anos na época, que provavelmente receberia hoje o diagnóstico de AFI. Charles M. não falava nada até começar a emitir alguns sons quando tinha entre 3 e 4 anos. A gravidade de seu transtorno de linguagem é indicada pelo fato de que ele não produziu mais do que algumas palavras como "mamma" e "no" até os 9 anos. Hadden, entretanto, o descreveu como esperto e saudável. Suas produções linguísticas eram limitadas ao ponto de não conseguir sequer pronunciar seu próprio nome claramente. Acreditava-se que apenas sua irmã entendia sua intenção comunicativa. Até mesmo

palavras simples com padrões consoante-vogal-consoante (CVC) eram tão mal articuladas que eram irreconhecíveis por outros.

Mesmo após manter Charles M. por um período de sete semanas no hospital para um tratamento comportamental intensivo, Hadden não obteve o resultado esperado. O menino recebeu um curso intensivo de treinamento de fala usando o Método Oral para surdos, uma abordagem educacional e terapêutica que constava de repetições e que primava pela oralização. No final desse período de remediação, Charles conseguiu produzir nomes de letras individuais e um repertório limitado de algumas palavras e frases simples. O menino chegou a ser colocado em isolamento, com a companhia de um coelho e um gato de estimação, junto com uma enfermeira que se dedicara ao seu treinamento de fala por mais dois meses. Segundo o médico, o isolamento era uma ferramenta de remediação importante que resultaria em efeitos mais rápidos, mais eficazes e mais duradouros do que se a criança tivesse continuado a conversar com pessoas não treinadas. A justificativa era fornecer informações intensivas de apenas um falante. O menino conseguia produzir separadamente todos os sons elementares, exceto /z/ e /r/, e os sons vocálicos em *bird* e *pearl*, mas os sons vocálicos em *hat*, *pear* e *fair*, por exemplo, ainda eram inconsistentes (Hadden, 1891).

Charles M. permaneceu no hospital por 16 meses no total para tratamento. Ao final desse período, Hadden observou que sua fala estava mais fluente e compreensível, e garantiu que o treinamento de fala continuasse quando a criança retornasse à escola. De forma ainda mais incomum, o médico acompanhou o menino em várias consultas para monitorar seu progresso. Em sua avaliação final, foi relatado que, embora o menino não tivesse apresentado uma piora, também não havia mostrado melhorias significativas. Ainda assim, sua fala foi considerada mais fluida.

Tempos depois, no século XX, a obra *Reading, Writing And Speech Problems in Children - A Presentation of Certain Types of Disorders in the Development of the Language Faculty* (*Problemas de leitura, escrita e fala em crianças – uma apresentação de certos tipos de transtornos no desenvolvimento da faculdade de linguagem*) aborda brevemente a terminologia *Developmental Apraxia*, descrita como “abnormal clumsiness” com falhas nas habilidades motoras (Orton, 1937).

Um outro nome bastante importante no campo dos transtornos de fala e linguagem é Fred Darley. Seu trabalho como clínico, professor e cientista contribuiu para a pesquisa e o tratamento clínico de crianças com transtornos motores da fala. Ele foi uma influência importante na forma

como pensamos sobre a Apraxia, particularmente porque ele era muito cuidadoso ao descrever características fisiológicas e de fala específicas associadas a diferentes tipos de déficits motores da fala. Darley observou que problemas de fala em crianças, assim como em adultos, que resultavam da fraqueza ou incoordenação dos músculos respiratórios, fonatórios, velofaríngeos ou articulatórios orais, coletivamente eram chamados de disartria. Muitas crianças nasciam com um sistema neuromuscular que resultava em disartria e, portanto, dificultava a aquisição de fala inteligível (Strand, 2001).

Darley conseguiu fazer uma distinção entre crianças com disartria e aquelas que tinham dificuldade com praxia (ou os processos envolvidos no planejamento e programação do movimento). Ele trouxe à luz um nível de comprometimento que era congênito em vez de adquirido, mas resultou em características diferentes de déficits articulatórios daqueles vistos em crianças com aquisição tardia de articulação. Essas características de fala e não fala também eram diferentes daquelas vistas em comprometimento articulatório devido à perda auditiva, fenda palatina ou mesmo disartria. Ele postulou que havia crianças que nasceram com controle motor adequado em termos de suporte respiratório, fonação, função velofaríngea e força articulatória oral, velocidade, amplitude de movimento etc., mas demonstraram desempenho de fala ruim. O termo "apraxia" foi então utilizado para distinguir essas crianças com uma especificação de que isso era uma dificuldade com praxia para fala. Darley observou que a criança pode apresentar uma apraxia apenas ao demonstrar dificuldades em posicionar a língua para produzir um determinado som ou como executar uma sequência de movimentos para produzir uma palavra, e que a falha da criança em imitar uma série de sons, sílabas e palavras pode sugerir que seu problema de fala é de base apráxica e não disártrica. É interessante apontar que, embora Darley tenha notado esse nível de comprometimento em crianças no final dos anos 1960 e ao longo dos anos 1970, a maioria dos programas de treinamento não enfatizou esse importante diagnóstico diferencial até os anos 2000 (como veremos mais adiante) (Strand, 2001). Darley foi fundamental ao argumentar sobre um nível específico de deficiência que não era linguística e, portanto, não era afasia, mas também não era um transtorno de execução de movimento, como a disartria.

Uma contribuição formadora foi a de Kathe Yoss em conjunto com Darley ao examinar empiricamente o que antes eram descrições sintomatológicas de problemas relacionados à fala. Os pesquisadores estavam interessados em determinar em que grau a dificuldade em programar a

musculatura da fala para a produção voluntária de fonemas estava envolvida em alguns transtornos de articulação em crianças. Um dos propósitos de seu trabalho na década de 1970 era demonstrar que a natureza do déficit articulatorio em um subgrupo de crianças com déficits articulatorios era um déficit de planejamento/programação motora. Um passo inicial nesse trabalho foi identificar comportamentos que pudessem diferenciar a apraxia do desenvolvimento dos transtornos da articulação (Yoss; Darley, 1974). As características comportamentais são as seguintes:

- “1. Taxas de diadococinesia² oral, como repetição de /pa/, /ta/, especialmente /ka/ e /pataka/ são mais lentas do que o normal. Repetições das sílabas combinadas são frequentemente produzidas com sequência de sílabas incorreta;
2. Maior dificuldade é evidente com palavras polissilábicas. A integridade silábica é afetada pela omissão, revisão ou adição de sílabas;
3. Uma combinação de características de erro pode servir como determinantes preditivos quando tarefas de fala repetidas são usadas para obter uma amostra de fala. Esses são erros de duas e três características, prolongamentos e repetições de sons ou sílabas, distorções (como assimilação nasal e erros sutis de ensurdecimento e vozeamento, que não são substituições evidentes) e adições;
4. Quando a fala espontânea é analisada, um grupo um pouco diferente de características de erro pode servir como determinantes preditivos: distorções, erros de características de um lugar, adições e omissões;
5. As características prosódicas podem ser alteradas, especialmente em crianças mais velhas ou naquelas que receberam terapia da fala. O estresse tende a ser equalizado.

As características de seu comportamento não verbal são as seguintes:

1. Há dificuldade em realizar movimentos orais volitivos dos articuladores, especialmente aqueles que envolvem a língua e os lábios;
2. Há uma alta incidência de achados neurológicos "leves", como dificuldade na coordenação motora fina, marcha e movimentos alternados das extremidades e da língua, frequentemente manifestados como uma dispraxia generalizada;
3. Essas crianças exigem mais demonstração para executar sequências de movimentos orais volitivos; movimentos ou sequências de dois e três estágios parecem causar uma quebra que agrava os erros envolvidos em movimentos únicos;
4. Essas crianças têm percepção auditiva e sequenciamento auditivo ruins em comparação com crianças que falam normalmente. No entanto, essas habilidades estão de acordo com

² Diadococinesia é “a capacidade de executar movimentos rápidos, repetidos e alternados, tanto da fala quanto dos membros superiores” (Albuquerque, 2017, p. 420).

as de outras crianças que apresentam articulação defeituosa, e o comprometimento não parece ser a base para a dificuldade de programação motora observada.

5. Uma deficiência de aprendizagem específica pode ou não acompanhar uma apraxia do desenvolvimento” (Yoss; Darley, 1974b, pp. 412-413, tradução nossa).

Davis et al. (1998) usaram um conjunto de parâmetros para identificar crianças apráxicas que eles estudaram ao longo do tempo. A lista de Davis e colegas foi derivada da literatura existente, bem como de sua experiência clínica. Essas características da fala foram:

(i) Repertório limitado de consoantes e vogais; (ii) erros frequentes de omissão; (iii) alta incidência de erros de vogais; (iv) erros de articulação inconsistentes; (v) características suprasegmentais alteradas; (vi) aumento de erros em unidades mais longas de produção de fala; (vii) dificuldade significativa em imitar palavras e frases com posturas de tatear; (viii) uso predominante de formas de sílabas simples. As características ‘não-fala’ foram (i’) movimentos orais voluntários prejudicados; (ii’) habilidades de linguagem expressiva reduzidas em comparação com receptivas; (iii’) taxas diadococinéticas reduzidas.

2.2. AFI – uma perspectiva geral até os dias de hoje

A Apraxia de Fala na Infância (AFI) tem sido um diagnóstico controverso na literatura. Os sinais e sintomas da apraxia podem variar sobremaneira. Algumas crianças não falam ou são falantes tardios, podem ou não desenvolver um transtorno fonológico grave nos anos pré-escolares, enquanto outras podem ter dificuldades em produzir palavras mais complexas e possivelmente dificuldades prosódicas. Em meio a toda a variação, há um ponto comum. Todas essas crianças compartilham uma mesma dificuldade: o planejamento ou programação dos movimentos motores para produzir a fala. Por isso, a AFI é considerada um transtorno motor da fala.

Praxis, do grego, significa ‘atividade’, ‘ação’; portanto, *dis-* ou *a-*praxia refere-se a uma não ação ou transtorno ou uma perturbação na execução de uma ação. Morley e colegas usaram, em 1954, o termo "dispraxia do desenvolvimento" para descrever um grupo de crianças cuja fala era similar àquela dos adultos pós lesão cerebral. Assim, o vocábulo “dispraxia” começou a ser utilizado para crianças. O nome "apraxia do desenvolvimento (do inglês *Developmental Apraxia of Speech - DAS*)" foi originalmente usado para indicar que o problema ocorria precocemente na

fala/linguagem e significava que uma forma adquirida também poderia ocorrer. A utilização da palavra "desenvolvimento" também significa que o transtorno não é devido à perda auditiva, transtorno do espectro do autismo, deficiência intelectual ou transtorno neuromotor, como acidente vascular cerebral, embora a dispraxia possa ocorrer com todos esses outros transtornos mencionados. Nos últimos anos, "desenvolvimento" foi substituído por "infância" para distingui-lo da forma adulta, mas também para indicar que o transtorno não melhora com a idade sem intervenção (Ozanne, 2005).

Podem também ser encontrados na literatura termos como "dispraxia articulatória do desenvolvimento (do inglês *Developmental Articulatory Dyspraxia* - DAD)". Tanto o termo *DAD* quanto o termo *DAS* enfatizavam o aspecto articulatório do transtorno. O termo "dispraxia verbal do desenvolvimento (DVD)" foi utilizado para abranger as características de linguagem comumente observadas em crianças com AFI. Essa expressão refletia resultados de pesquisas de que as crianças frequentemente tinham problemas de fala e linguagem. É também encontrado na literatura uma distinção entre apraxia verbal, dispraxia da articulação e apraxia motora oral. O último termo refere-se à incapacidade da criança de realizar movimentos oromotores ou não-verbais de maneira volitiva (Ozanne, 2005). Embora todos esses termos possam ser encontrados na literatura, o mais recentemente usado para descrever essa população de crianças é Apraxia de Fala na Infância (AFI), recomendado pela Associação Americana de Fonoaudiologia (ASHA), em 2007, e que será utilizado nesta tese.

Crianças com AFI podem não apresentar achados significativos em seus exames neurológicos, além de perfis neurogênicos diferentes. O transtorno pode ocorrer como resultado de impedimento neurológico de origem conhecida, associado a perturbações do neurodesenvolvimento de etiologia conhecida ou não, ou em condição idiopática, ou seja, sem uma causa definida ou identificável (ASHA, 2007). Contudo, em 1990, pesquisadores identificaram uma família, que ficou conhecida como a família KE, em que quase todos os membros apresentavam sintomas semelhantes aos que vinham sendo descritos como AFI, como será abordado a seguir.

2.3. A AFI e os acometimentos ligados ao FOXP2

Não é novidade o fato de que os transtornos de fala e de linguagem são recorrentes em famílias, sugerindo a possível influência de mutações genéticas em alguns casos. No caso da Apraxia de Fala na Infância, evidências neurogenéticas, como já argumentamos, têm sido associadas a disfunções em circuitos neurais responsáveis pelo planejamento e programação motora da fala. Nesse contexto, o gene FOXP2 surgiu como um dos principais marcadores moleculares na compreensão da base genética da linguagem e da fala. Localizado no cromossomo 7q31, o FOXP2 codifica um fator de transcrição que regula a expressão de múltiplos genes envolvidos no desenvolvimento e funcionamento de circuitos neurais, particularmente nos gânglios da base e no córtex motor, áreas críticas para o controle articulatorio e sequenciamento motor (Lai *et al.*, 2001; Fisher e Scharff, 2009).

Este fator de transcrição de múltiplos domínios, em humanos e outros mamíferos, pertence a uma grande classe de proteínas de ligação ao DNA conhecidas como proteína *forkhead*. A proteína FOXP2 interage com as regiões reguladoras dos genes alvo e regula a sua expressão suprimindo os níveis e taxas de transcrição. FOXP2 é expresso não apenas no cérebro, mas também em outros órgãos, incluindo pulmões, coração e intestinos. Atua suprimindo a expressão de genes envolvidos na diferenciação das células epiteliais pulmonares durante o desenvolvimento embrionário. Embora muitas regiões motoras expressem *FOXP2*, essa expressão é frequentemente específica para certas subdivisões ou tipos de neurônios.

Contudo, a conexão entre FOXP2 e a AFI tornou-se mais evidente após os estudos conduzidos com a família KE, descrita por Vargha-Khadem *et al.* (1995, 1998). Nessa família multigeracional, vários membros apresentavam um distúrbio severo de fala e linguagem, caracterizado por déficits na produção articulatoria, dificuldades gramaticais e alterações no planejamento motor da fala. A identificação de uma mutação heterozigótica no FOXP2, nos indivíduos afetados, marcou a primeira evidência de uma base monogênica para distúrbios de fala e linguagem (Lai *et al.*, 2001).

Estudos subsequentes confirmaram que mutações no FOXP2 estão associadas a um fenótipo que inclui a apraxia de fala, déficits gramaticais e dificuldades orofaciais motoras (Shriberg *et al.*, 2006; Morgan *et al.*, 2017). No entanto, essas mutações são raras na população

clínica com diagnóstico de AFI, o que sugere que o FOXP2 atue como um modelo molecular para compreender as vias neurológicas envolvidas, mas não é a causa da maioria dos casos (Graham; Fisher, 2015). Dessa forma, o FOXP2 oferece uma via de entrada para explorar mecanismos neurogenéticos compartilhados entre diferentes transtornos do neurodesenvolvimento que afetam a linguagem e a fala.

Em síntese, embora as mutações em FOXP2 expliquem apenas uma fração dos casos de AFI, sua descoberta revolucionou a compreensão das bases biológicas da linguagem, destacando a importância de integrar abordagens genéticas, neuroanatômicas e linguísticas nos estudos dos transtornos da fala infantil.

Para entendermos melhor essa base genética correlacionada com a AFI, é pertinente examinar o histórico que nos leva a um artigo publicado na revista *Nature Neuroscience* em 2001, fruto de uma jornada de pesquisas iniciada em 1990, que revelou a descoberta do gene *FOXP2* através do relato do caso daquela tal família KE britânica, cuja metade dos membros, ao longo de três gerações, foi severamente afetada por um transtorno de fala, uma descoberta que representa um marco importante nos estudos da comunicação humana.

A família KE, cujo heredograma é mostrado na figura 1, chegou à comunidade científica pela primeira vez em 1990, com a publicação de um relatório identificando transtornos de fala e linguagem em membros afetados com ‘dispraxia verbal do desenvolvimento’ - descrito como algo que afetava a linguagem expressiva e a articulação, e não a compreensão. Além disso, foram identificados problemas na organização e coordenação dos movimentos rápidos necessários para produzir uma fala inteligível. O comprometimento articulatorio, déficit característico nos membros afetados da família, foi inicialmente descrito por Hurst *et al.* (1990) como uma forma de apraxia verbal do desenvolvimento. Os pesquisadores examinaram seis membros da família, entre oito e dezoito anos de idade na época, e os descreveram como crianças que apresentavam dificuldades sérias de comunicação, e “o transtorno de fala foi classificado como uma forma grave de apraxia verbal do desenvolvimento, uma vez que tanto a fala quanto a linguagem expressiva estavam envolvidas” (Hurst *et al.*, 1990, p.352, tradução nossa). Não houve registro de problemas auditivos ou déficits neurológicos relacionados com os movimentos dos membros, ou problemas na alimentação durante a infância.

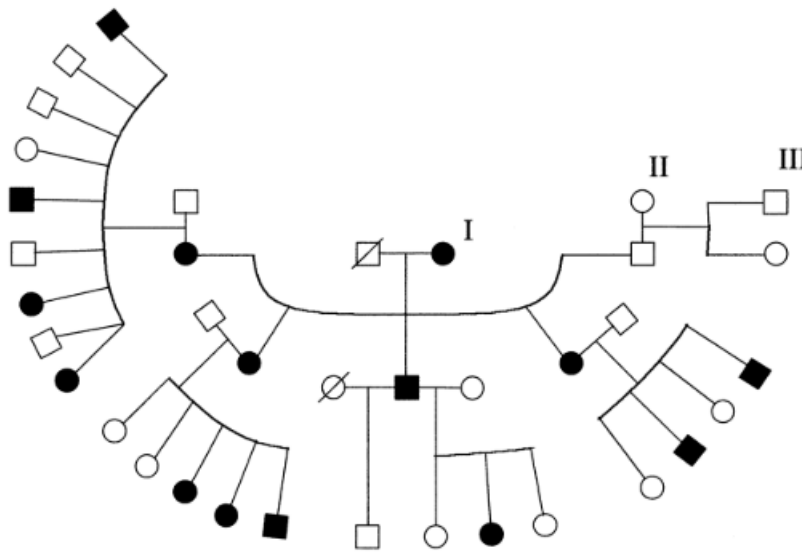


Figura 1 - Linhagem da família KE. Formas preenchidas = membros afetados; formas abertas = membros não afetados; círculos = mulheres; quadrados = homens; / = falecido.

As crianças apresentavam dificuldade em articular sons complexos, como encontros consonantais (por exemplo, /bu:n/ para *spoon* e /bu:/ para *blue*), uma tendência a omitir fonemas no início das palavras (como /etbl/ para *table*) e no final das palavras, assim como a redução de palavras polissilábicas para di- ou monossilábicas. Todas as crianças observadas apresentaram atraso no desenvolvimento da linguagem, com as primeiras palavras sendo emitidas por volta dos três anos de idade (Gonçalves, 2006).

Mais tarde, ainda em 1990, foram publicados mais três relatórios por outros pesquisadores. Um deles via o transtorno como uma incapacidade flexional (uma dificuldade em usar regras gramaticais do inglês para denotar tempo, número, gênero, etc.) (Gopnik, 1990); para o segundo, o cerne do problema estava na fonologia e nos sistemas de produção da fala e não na gramática (Fletcher, 1990); e o terceiro, chamou-o de transtorno grave de fala que ignora todos os aspectos da linguagem, incluindo a fonologia e a gramática (Vargha-Khadem; Passingham, 1990). A questão dos déficits do transtorno, levantada por esses relatórios, ainda não foi resolvida.

Essa pesquisa foi realizada para avançar na caracterização comportamental e auxiliar na análise de associação genética. Em quase todos os testes de fala e linguagem aplicados, o grupo de familiares considerados afetados foi, em média, significativamente pior que o grupo não afetado. Esses testes incluíam avaliações de pronúncia, gramática, vocabulário, QI verbal, bem como QI não verbal, com apresentação de mais erros na produção da linguagem do que na compreensão. No

entanto, para a maioria dos testes houve uma sobreposição considerável entre os dois grupos. Apenas em dois deles (Repetição de palavras e não palavras e práxis orofacial) não houve sobreposição. O desempenho nesses dois testes foi uma indicação clara da natureza do comportamento. A validade da classificação foi confirmada quando o gene SPCH1 foi localizado no braço longo do cromossomo 7, o que levou à identificação do *FOXP2* (Vargha-Khadem *et al.*, 2005).

Nos testes que envolviam a repetição de palavras, especialmente de pseudopalavras, os membros afetados mostraram um déficit maior ao tentar reproduzir combinações com mais de uma sílaba em comparação com combinações de uma única sílaba consoante-vogal. Da mesma forma, nas tarefas de imitação de movimentos não relacionados à fala, observou-se um padrão semelhante de comprometimento, onde movimentos paralelos e sequenciais apresentavam um déficit maior do que ações orofaciais isoladas. Esses resultados sugerem que um déficit motor orofacial de ordem superior, ou seja, uma dispraxia, é central nos familiares afetados, sendo mais evidente na fala devido à necessidade de seleção, coordenação e sincronização precisa de sequências rápidas de movimentos orofaciais. Não foram observados déficits na habilidade manual dos membros da família afetados, embora isso possa ser explicado pelo fato de que apenas sequências altamente habilidosas de movimentos dos dedos e das mãos, como os necessários para digitação especializada ou para tocar instrumentos musicais, sobrecarregam as capacidades de coordenação motora da mesma forma que a fala.

A fim de avaliar a base neural dos comportamentos atípicos exibidos pelos familiares afetados foram utilizadas técnicas de ressonância magnética estrutural e funcional, abordagens que, juntas, podem fornecer informações sobre a base neuropatológica do comprometimento e as regiões neurais subjacentes à função preservada.

Dados de ressonância magnética foram adquiridos e analisados usando morfometria baseada em voxel (do inglês *Voxel-based Morphometry* - VBM), uma técnica computacional desenvolvida para identificar variações locais de substância cinzenta ou branca. As imagens são então comparadas *voxel* por *voxel*, e o resultado final é exibido como mapas estatísticos paramétricos mostrando áreas onde o tamanho da substância cinzenta ou branca é diferente entre os grupos. Com base no fenótipo comportamental observado nos membros afetados da família KE, foi sugerido que a patologia subjacente seria bilateral - caso fosse unilateral, para um distúrbio do

neurodesenvolvimento como esse, poderíamos esperar uma reorganização para regiões homólogas do hemisfério oposto, o que poderia resultar na preservação das funções básicas da fala. As análises preliminares de VBM mostraram anormalidades bilaterais em áreas motoras, incluindo o núcleo caudado. Uma análise volumétrica mais detalhada confirmou que ambos os núcleos caudados eram aproximadamente 25% reduzidos em volume nos membros afetados da família em comparação com os membros não afetados e com os controles da mesma idade. Além disso, o volume do núcleo caudado mostrou uma correlação significativa com o desempenho dos membros afetados em um teste de práxis oral, um teste de repetição de pseudopalavras e na Escala de Inteligência Wechsler. As observações dos dois primeiros testes sugeriram uma relação entre o desenvolvimento atípico do núcleo caudado e danos no controle oromotor e na articulação, presentes na família KE. Outras análises utilizaram uma modificação do método VBM para detectar lesões cerebrais bilaterais. Foi descoberto que a massa cinzenta era significativamente menor no giro frontal inferior (área de Broca), no giro pré-central, no polo temporal, na cabeça do núcleo caudado e no cerebelo ventral. Havia, entretanto, níveis elevados de substância cinzenta na porção posterior do giro temporal superior (área de Wernicke), no giro angular e no putâmen (Vargha-Khadem *et al.*, 2005).

Estudos com fMRI também foram conduzidos utilizando dois protocolos de linguagem: um envolvendo a geração de verbos encoberta e outro com a geração explícita e repetição de palavras. Os membros não afetados da família mostraram um padrão típico de ativação predominante no hemisfério esquerdo, envolvendo a área de Broca durante as tarefas de geração de verbos, e uma ativação mais bilateral durante a tarefa de repetição de palavras. Em contraste, os membros afetados exibiram um padrão de ativação mais posterior e extensivamente bilateral em todas as tarefas. Consistente com os achados morfológicos, os resultados funcionais indicaram que, em comparação com os membros não afetados da família, os membros afetados apresentaram significativamente menos ativação na área de Broca e em seu homólogo no hemisfério direito, assim como no putâmen. Observou-se uma ativação extraordinariamente baixa em outras regiões corticais relacionadas à fala, mas não foi detectado funcionamento anormal da cabeça do núcleo caudado, possivelmente porque as tarefas utilizadas não ativaram essa região de forma confiável nos grupos controle ou nos membros não afetados da família. Por outro lado, os indivíduos afetados mostraram superativação em regiões normalmente não associadas à linguagem, incluindo as regiões pós-central, parietal posterior e occipital. Essa hiperativação pode refletir o recrutamento de circuitos

compensatórios, o uso de estratégias alternativas ou simplesmente o esforço cognitivo adicional ou a atenção que os membros afetados da família precisaram para realizar as tarefas (Watkins *et. al*, 2002).

Assim como não está claro por que a mutação do *FOXP2* na família KE afeta o desenvolvimento e a manutenção do tecido cerebral, mas aparentemente não afeta outros tecidos onde ele é expresso, também não está claro por que a mutação nos KE parece impactar algumas regiões do cérebro onde o *FOXP2* é expresso, mas não outras. É importante observar que os estudos de imagem estruturais e funcionais podem não ter identificado todas as áreas com anomalias. No entanto, várias das regiões que expressam fortemente o gene — notadamente um subconjunto de áreas corticais temporoparietais frontais e laterais, e vários componentes dos gânglios da base e do cerebelo — são aquelas que mostram anomalias nos membros afetados da família KE.

O transtorno de fala e linguagem relacionado ao *FOXP2* (FOXP2-SLD³) é “causado por variantes patogênicas heterozigóticas do *FOXP2* (incluindo deleções do gene total ou parcial)” (Morgan *et. al*, 2023). Achados adicionais no FOXP2-SLD podem incluir dificuldade em planejar ou programar movimentos orais sob comando; disartria; transtorno de linguagem receptiva e expressiva moderado a grave; deficiências de leitura e ortografia; e dificuldades motoras finas.

Tudo isso destaca a complexidade da condição e a necessidade de uma abordagem que leve em consideração tanto os fatores genéticos quanto os clínicos no diagnóstico e tratamento da AFI. A compreensão dos mecanismos moleculares subjacentes à AFI, incluindo o papel do *FOXP2*, pode levar a avanços significativos no diagnóstico precoce e nas opções de tratamento. A descoberta do *FOXP2* teve uma importância monumental, pois promoveu um diálogo mais profundo entre linguistas e geneticistas, levando a novas perspectivas sobre como a linguagem é codificada e processada no cérebro.

É importante atentar para o fato de que nem todas as crianças com AFI têm uma mutação no gene *FOXP2*, e nem todas as mutações no *FOXP2* resultam em AFI. Vale notar, inclusive, que a apraxia se manifesta de maneira diferente em crianças e adultos. Basicamente, como veremos na seção subsequente, essa diferença reside no momento de aparecimento do transtorno – enquanto a AFI é um transtorno do neurodesenvolvimento com causas muitas vezes desconhecidas, a apraxia que acomete adultos é uma condição adquirida resultante de uma lesão neurológica.

³ A sigla *SLD* vem do original em inglês *Speech and Language Disorder* (transtorno de fala e linguagem).

2.4. A AFI e Apraxia de Fala Adquirida (AFA)

Embora a Apraxia de Fala Adquirida (AFA) – aquela que acomete adultos – e a Apraxia de Fala na Infância tenham etiologias distintas, há um consenso de que em ambos os transtornos existem dificuldades no planejamento motor e na programação dos movimentos da fala. Como ainda não há uma padronização de biomarcadores que sirvam de parâmetro para o diagnóstico, a análise comportamental baseada em sintomas de ordem clínica continua a ser o guia para a identificação dos referidos transtornos.

Vários referenciais teóricos foram propostos para explicar os processos neurais deficientes que dão origem à Apraxia de fala. Alguns atribuem o transtorno a uma “falha na tradução de representações fonológicas codificadas para a fala articulada, que é considerada a etapa de planejamento/programação da produção da fala” (Allison *et al.* 2020). No modelo de Levelt (1992), por exemplo, essa falha é entendida como parte de um processamento serial, afetando especificamente a construção de um plano fonético preciso – a codificação fonética. Esses estágios do modelo, entretanto, não são facilmente observados clinicamente (Maassen, 2002 *apud* Allison *et al.*, 2020).

Apesar de lesões vasculares serem a causa mais comum de AFA, o transtorno também pode ser causado por traumatismo crânio encefálico, tumores que invadem o sistema nervoso central e doenças neurodegenerativas. Recentemente, o declínio progressivo da fala tem sido identificado como o principal sintoma inicial em diversos casos degenerativos (Ogar *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2023).

Embora haja evidências localizacionistas para a AFA, – o transtorno já foi descrito em pacientes com lesões na área de Broca, córtex frontal esquerdo e córtex temporoparietal, região esquerda superior anterior da ínsula, bem como estruturas subcorticais esquerdas, particularmente dentro dos gânglios da base (Ogar *et al.*, 2005) – identificar uma área singular e distinta do cérebro onde a AFA pode ocorrer ainda não é possível.

Resultados divergentes em estudos de localização da AFA podem ser decorrentes do fato de que os critérios diagnósticos, no Brasil pelo menos, ainda não são padronizados. Alguns dos testes utilizados por fonoaudiólogas brasileiras são: protocolo de praxias verbais, Avaliação

Miofuncional Orofacial – Protocolo MBGR (do inglês *Orofacial myofunctional evaluation – MBGR Protocol*), a bateria MAC, entre outros.

Além da falta de uma padronização na testagem dos indivíduos com suspeita de Apraxia, um outro desafio para critérios diagnósticos claros é que muitas características da fala associadas à Apraxia também ocorrem em outros transtornos da fala. Embora as principais características diagnósticas da AFI e da AFA sejam quebras de coarticulação e interferências suprasegmentais (na velocidade de fala e na precisão segmentar), muitas dessas características não são exclusivas da Apraxia e podem também ocorrer na disartria e/ou nos transtornos fonológicos. Prosódia atípica e distorções sonoras, incluindo erros vocálicos, são características comuns de Apraxia e Disartria em populações infantis e adultas (ASHA, 2007). Além disso, erros segmentais, como substituições, adições e omissões, também são considerados características da AFA e da AFI (ASHA, 2007), mas podem apresentar-se de forma muito semelhante às afasias em adultos ou aos erros fonológicos dos sons da fala em crianças. Determinar se os erros segmentais são de origem fonológica ou apráxica tem sido considerado mais desafiador do que distinguir entre Apraxia de Fala e Disartria. A Disartria frequentemente envolve deficiências na respiração, fonação e/ou ressonância⁴, além da articulação. No geral, a sobreposição de características clínicas dos transtornos da fala torna os instrumentos de avaliação apenas sensíveis, mas não específicos para a identificação acurada da disfunção (Allison *et al.*, 2020). O diagnóstico clínico é baseado em alguns, mas não necessariamente todos os sintomas possíveis de AFA e AFI.

Uma diferença fundamental entre AFI e AFA é que na AFI um comprometimento motor da fala subjacente específico tem um impacto no desenvolvimento de níveis mais elevados de processamento fonológico e linguístico (Maasen, 2002). O déficit primário na AFI ainda é controverso, pois a AFI pura sem comorbilidade é extremamente rara. Por essa razão o diagnóstico é clínico e é feito por exclusão. Nos últimos anos, uma série de estudos (com destaque o trabalho de Shriberg e colaboradores⁵) foram conduzidos em busca de um marcador diagnóstico para a AFI.

Darley, Aronson e Brown (1975) deram a seguinte definição de AFA:

“um transtorno articulatorio resultante do comprometimento, como resultado de *dano cerebral*, da capacidade de programar o posicionamento da musculatura da fala e do sequenciamento de movimentos musculares para a produção volitiva de fonemas. A

⁴No contexto da fonoaudiologia, a ressonância refere-se à qualidade do som da voz à medida que ele passa pelas cavidades oral, nasal e faríngea. A ressonância vocal é fundamental para a qualidade e a clareza da fala (Oliveira *et. al.*, 2009).

⁵ <https://phonology.waisman.wisc.edu/publications-and-presentations/pubs/>

musculatura da fala não apresenta fraqueza significativa, lentidão ou incoordenação quando usada para atos reflexos e automáticos” (Darley; Aronson; Brown, 1975 *apud* Maasen; Terband, 2015, p. 333, tradução nossa).⁶

A definição *default* de AFI apresentada pela ASHA, além de indicar o planejamento dos movimentos da fala, também enfoca o processo de transformação do código linguístico em especificações de movimentos articulatorios (vide introdução)⁷.

O comprometimento central no planejamento e/ou programação de parâmetros espaço-temporais de sequências de movimento, que pode ser considerado o marcador diagnóstico de AFI no nível de processamento, não é, normalmente, avaliado. Todas as outras características, os sintomas de fala que são o resultado do déficit central e os mecanismos neurológicos ou dotações genéticas que lhe estão subjacentes, podem ser considerados secundários. Clinicamente, vale notar que todas as outras características podem não ser exclusivas da AFI: os sintomas de fala podem ser semelhantes em diferentes déficits de processamento (a velocidade de fala lenta, por exemplo, é uma característica inespecífica), e os déficits neurológicos ou genéticos subjacentes também podem causar outros problemas comportamentais além de AFI (Maasen; Terband, 2015).

Há um consenso entre pesquisadores da AFI com relação a três características segmentais e suprasegmentais consistentes com um déficit no planejamento e programação de movimentos para a fala: (1) erros inconsistentes em consoantes e vogais em produções repetidas de sílabas ou palavras; (2) transições coarticulatórias prolongadas e interrompidas entre sons e sílabas; e (3) prosódia inadequada, especialmente na realização de acentos lexicais ou frasais (Maasen; Terband, 2015). O diagnóstico da AFI, portanto, não é baseado em sintomas referentes à fala, mas em como demonstrar que a criança tem um déficit no nível de planejamento e programação motora da fala. Se a ferramenta de diagnóstico para fazer essa avaliação existisse, esse possivelmente seria o padrão ouro disponível para avaliação da AFI, e todos os outros estudos sobre AFI poderiam ser

⁶ ...“an articulatory disorder resulting from impairment, as the result of brain damage, of the capacity to program the positioning of speech musculature and the sequencing of muscle movements for the volitional production of phonemes. The speech musculature does not show significant weakness, slowness, or incoordination when used for reflex and automatic acts”.

⁷ “Childhood apraxia of speech (CAS) is a neurological childhood (pediatric) speech sound disorder in which the precision and consistency of movements underlying speech are impaired in the absence of neuromuscular deficits (e.g., abnormal reflexes, abnormal tone). CAS may occur as a result of known neurological impairment, in association with complex neurobehavioral disorders of known or unknown origin, or as an idiopathic neurogenic speech sound disorder. The core impairment in planning and/or programming spatiotemporal parameters of movement sequences results in errors in speech sound production and prosody” (ASHA, 2007).

validados. Maasen e Terband (2015) defendem, portanto, que para crianças, se o déficit no planejamento e na programação motora da fala puder ser demonstrado, o diagnóstico de apraxia da fala é válido.

A AFI é considerada um subtipo dos Transtornos dos Sons da Fala (TSF), que envolve, conforme veremos a seguir, dificuldades motoras na programação e coordenação dos movimentos necessários para a fala, distinguindo-se de outros subtipos por suas características únicas.

2.5. AFI – um subtipo dos Transtornos dos Sons da Fala (TSF)

Tem-se discutido atualmente a existência de diferentes tipos de Transtornos dos Sons da Fala (TSF), caracterizados de acordo com as dificuldades das crianças. Algumas crianças, por exemplo, não falam corretamente por uma dificuldade em relação à percepção do som; outras apresentam dificuldade porque falham na representação fonológica, na representação das regras que governam o uso dos diferentes sons de fala; e ainda há aquelas crianças que falham por inabilidade motora – seja uma falha de planejamento, programação ou execução da fala. Esses indivíduos diferem em termos da gravidade da sua dificuldade, da causa subjacente do transtorno, das características dos seus erros de fala, do grau em que outros aspectos da sua linguagem, como sintaxe, semântica e pragmática, estão envolvidos, e a sua resposta ao tratamento. Eles também diferem em termos de resposta à sua capacidade de comunicação prejudicada – enquanto alguns parecem não ter consciência da sua falta de inteligibilidade, outros se retraem socialmente ou ficam bastante frustrados pela dificuldade em se fazerem compreender.

Os Transtornos dos Sons da fala referem-se a quaisquer dificuldades na percepção, produção motora ou representação fonológica dos sons da fala e partes da fala, incluindo as regras fonotáticas que regem as sequências de sons da fala permitidas em uma língua. Os TSF podem ser de natureza **orgânica** (resultado de uma causa subjacente motora/neurológica, estrutural ou sensorial/perceptiva) ou **funcional** (idiopáticos, ou seja, não possuem causa conhecida). (ASHA, 2020). Através da imagem abaixo é possível verificar essa divisão.

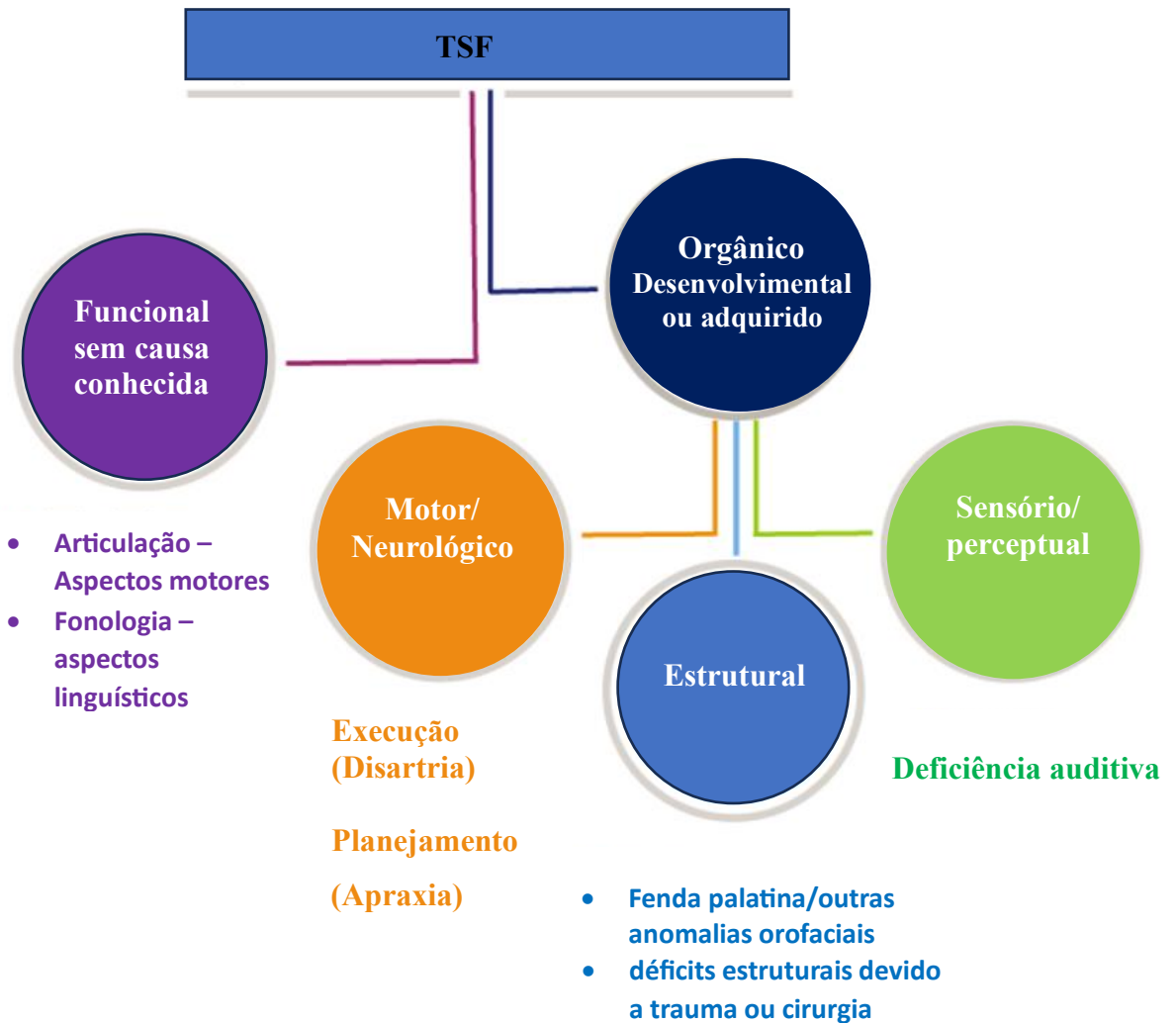


Figura 2 - Esquema recriado a partir de *Speech Sound Disorders: Articulation and Phonology* (Practice Portal). www.asha.org/Practice-Portal/Clinical-Topics/Articulation-and-Phonology/

Diferentes grupos de pesquisa, entretanto, utilizam critérios diferentes para identificação dos transtornos de fala, até porque o termo ‘transtornos da fala’ abrange uma população heterogênea e inclui, entre outros, crianças que têm ceceo (ou seja, má articulação de /s/), mas cuja fala é inteligível, aquelas cuja fala é ininteligível devido a omissões e substituições de sons da fala nas palavras, mas que conseguem articular todos os sons perfeitamente isoladamente, aquelas que nascem com uma anomalia anatômica, como fenda palatina, que desenvolvem transtornos da fala apesar do reparo cirúrgico, crianças que tiveram períodos anteriores de deficiência auditiva, mas que atualmente não apresentam perda auditiva, crianças com transtornos motores da fala, crianças

que sofreram traumas emocionais e crianças de ambientes empobrecidos de estímulos para a fala/linguagem (Dodd, 2005, p. 20). Apesar do consenso sobre a necessidade de um sistema de classificação para transtornos do desenvolvimento da fala, ainda não existe uma abordagem acordada para a classificação que permita uma melhor gestão clínica. Um dos principais sistemas de classificação dos TSF é o proposto por Dodd (2014).

Dodd classifica os TSF nos seguintes subtipos:

- (i) transtorno articulatório – dificuldade na pronúncia de determinados fonemas, geralmente as líquidas, o que pode fazer com que a criança produza sempre a mesma substituição ou distorção em palavras ou isoladamente, independentemente de o som ser produzido de forma voluntária ou involuntária;
- (ii) atraso fonológico;
- (iii) transtorno fonológico consistente – apresentação consistente de alguns padrões de erro não relacionados ao desenvolvimento. Esse pode ser considerado um transtorno consistente, uma vez que a presença de padrões de erro incomuns sinaliza uma aquisição prejudicada das restrições do sistema fonológico;
- (iv) transtorno fonológico inconsistente – podem ser observadas múltiplas formas de erro para o mesmo item lexical, uma vez que produções corretas ou incorretas podem refletir um sistema em maturação.
- (v) Apraxia de Fala na Infância – inconsistência na fala, tato e dificuldade em sequenciar movimentos articulatorios, velocidade lenta de fala, prosódia prejudicada, produção de enunciados encurtados, desempenho mais fraco na imitação do que na produção espontânea.

Esse sistema não considera a etiologia dos TSF e, portanto, as crianças dentro de um subtipo podem apresentar diversos fatores causais que podem influenciar o prognóstico e o tratamento.

O sistema de classificação de Shriberg e colegas é resultado de um estudo de três décadas. Sua versão final tem sido utilizada como um guia para estudos genômicos, de neuroimagem, de prevalência, de normatização e processamento de fala. Crianças com AFI são de particular interesse devido à gravidade do transtorno, ao curso prolongado do tratamento e às características distintas da fala (ASHA, 2007; Lewis *et al.*, 2011).

A Figura abaixo é um *framework* dessa pesquisa clínica para Transtornos dos Sons da Fala pediátrica denominada Sistema de Classificação dos Transtornos da Fala, finalizada em 2017. Os níveis na estrutura SDCS (do inglês *Speech Disorders Classification System* – Sistema de Classificação dos Transtornos de fala) são considerados como compreendendo o espaço de pesquisa clínica em SSD (do inglês *Speech Sound Disorders* – Transtornos dos Sons da Fala [TSF]). O Nível I engloba os déficits da via **distal** – fatores causais etiológicos ou neurobiológicos – no SSD. No caso da AFI, por exemplo, comumente não há uma causa definida. Há alguns novos estudos que sugerem origens genéticas (a USP está neste momento desenvolvendo um estudo a respeito), mas não são todas as crianças com AFI que tem problemas genéticos. O Nível II inclui locais de causas **proximais** no processamento da fala no SSD – nível de processamento nos modelos psicolinguísticos. Nesse esquema, o termo ‘transcodificação’ é utilizado para cobrir planejamento e programação da fala. Na literatura referente à AFI, os termos planejamento e programação são geralmente usados de forma intercambiável ou coletiva (planejamento/programação). O Nível III corresponde ao que é observado como sintomatologia de fala em AFI, como erros inconsistentes, quebras de coarticulação e prolongamento de sílabas, e prosódia inadequada, como já mencionado anteriormente (Shriberg *et al.*, 2015).

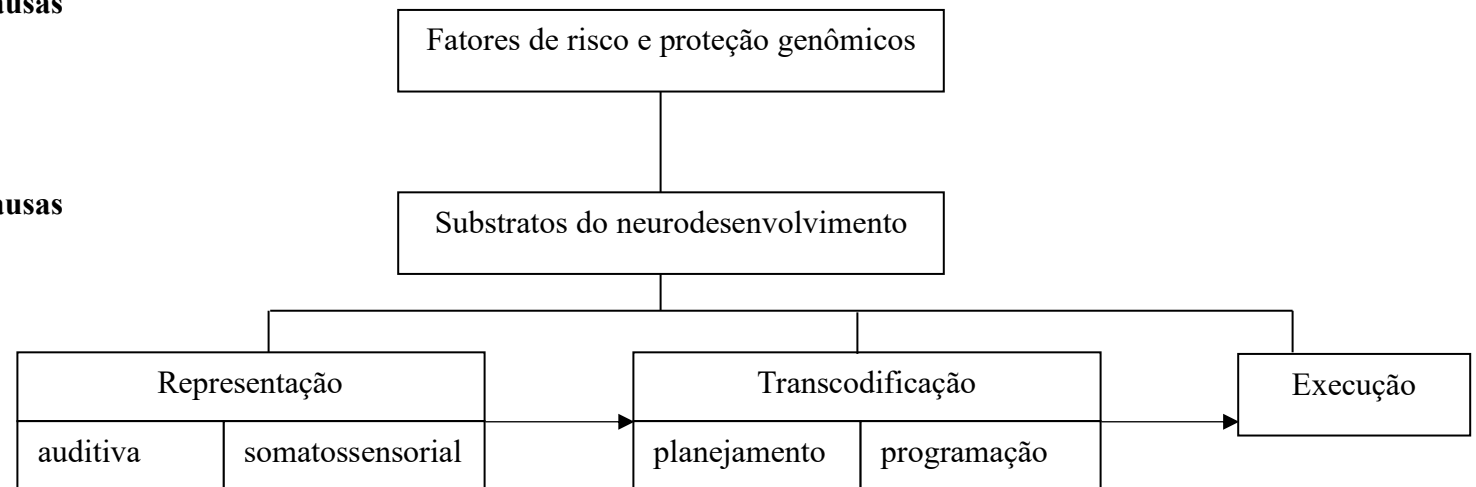
O pressuposto do SDCS é que, tal como acontece com todas as doenças, a investigação produtiva e o tratamento eficaz da SSD requerem uma nosologia padronizada e bem validada. A SDCS divide a SSD em três classes e oito subtipos, conforme mostrado na Figura abaixo. A classificação da fala e da fala motora de uma criança pode, é claro, mudar com o tempo. Uma criança pode, por exemplo, atender aos critérios SDCS para um ou mais dos três subtipos de SD mostrados na Figura abaixo, mas essa criança pode mais tarde ser classificada como tendo erros persistentes de fala. Além disso, o status de um falante nos domínios da fala e da fala motora deve ser classificado de forma cruzada, em vez de representado na perspectiva linear sugerida no esquema mostrado na Figura. Por exemplo, a maioria, mas não todas, das crianças e adolescentes que atendem aos critérios diagnósticos para AFI também atendem aos critérios SDCS para SD ou SD persistente (exclusões e/ou substituições de sons da fala inadequadas à idade), com ou sem comprometimento de linguagem. As três possíveis causas para o atraso de fala mostradas na Figura 1 (atraso na fala - genético, atraso na fala - otite média com efusão e atraso na fala -

envolvimento psicossocial no desenvolvimento) não são consideradas diretamente relevantes para o levantamento de um marcador diagnóstico para a AFI (Shriberg *et al.*, 2015).

A classe de SSD denominada SE (do inglês *Speech Errors* – erros de fala) inclui crianças que têm histórias de distorções dos sons da fala com recursos limitados, geralmente nos sons mais desafiadores em uma língua (por exemplo, fricativas, africadas, líquidas), que para alguns falantes podem persistir por um ao longo da vida com ou sem tratamento.

I. Processos etiológicos (causas distais)

II. Processos de fala (causas proximais)



III. Fenótipo comportamental

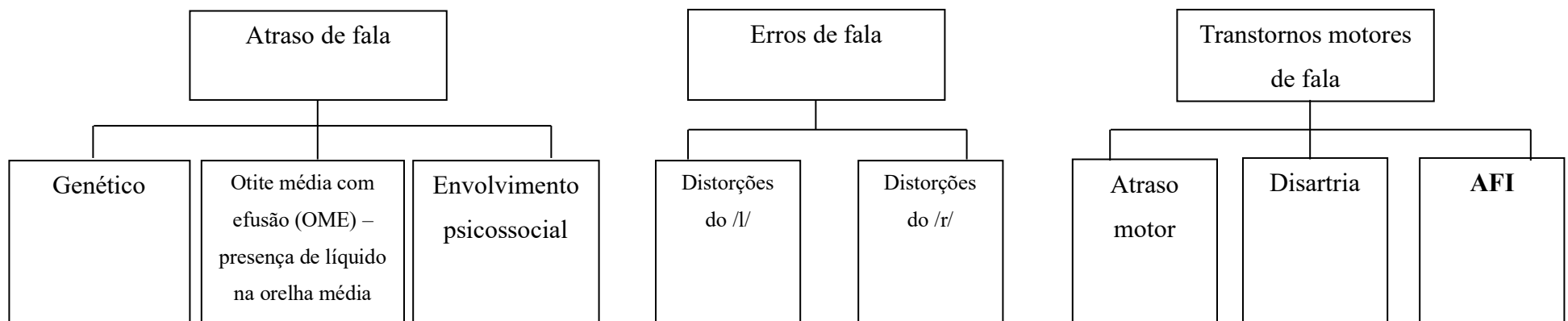


Figura 3 – Esquema recriado a partir de Shriberg et. al, 2015, p. 1099.

Nesse esquema de Shriberg, a AFI se encaixa na terceira classe proposta de SSD no SDCS, que inclui três subtipos denominados *transtorno motor da fala* – sem outra especificação (MSD-NOS), *transtorno motor da fala* – disartria (MSD-DYS) e *transtorno motor da fala* – apraxia da fala na infância (MSD-CAS). Os três os subtipos estão organizados da esquerda para a direita na Figura 3, em ordem de gravidade crescente estimada de envolvimento e prevalência decrescente correspondente em transtornos complexos do neurodesenvolvimento. MSD-NOS é uma classificação provisória para falantes com déficits inapropriados para a idade na precisão e estabilidade da fala, prosódia e voz que diferem dos erros segmentais e suprasegmentais presentes em falantes com os três subtipos de SD, mas não atendem aos critérios para disartria ou AFI. A terminologia MSD-CAS inclui falantes com “uma forma congênita hereditária ou esporádica de apraxia da fala ou apraxia da fala devido a um insulto neurológico durante o período de aquisição da fala, nominalmente do nascimento aos 9 anos de idade” (Shriberg et. al, 2015).

Os TSF nos levam a pensar em como os aspectos motores de produção da fala, tema do capítulo seguinte, são fundamentais no entendimento da AFI. Vejamos a seguir, portanto, como o controle motor é concebido em áreas de interface – neurologia, fonoaudiologia e linguística.

O controle motor desempenha um papel fundamental na abordagem da AFI. Analisaremos, portanto, a partir de uma perspectiva transdisciplinar, como ele é descrito nos campos da neurologia, fonoaudiologia e linguística.

3.1 Na Neurologia

Em sua obra fundamental, *Speech and Brain Mechanisms*, Penfield (1959) aborda os mecanismos cerebrais envolvidos na fala – os mecanismos, por exemplo, que permitem que sujeitos falem uns com os outros e permitem que o interlocutor traduza as palavras e entenda o significado. Um indivíduo seleciona as palavras que são símbolos em seu pensamento, mas seu interlocutor mantém sequências curtas daquelas palavras no foco de sua atenção por um momento fugaz – tempo suficiente para consideração consciente – enquanto adiciona sua própria interpretação. Após essa percepção, passa-se para a próxima sequência – um processo surpreendentemente complexo que qualquer indivíduo é geralmente capaz. Essa consideração traz à tona, de imediato, a questão da natureza de base física da mente. Uma sucessão de impulsos nervosos então flui do cérebro seguindo determinado padrão fazendo com que determinados músculos contraíam enquanto outros relaxam e a fala é então produzida:

“Quando esse som atinge os tímpanos, ele é convertido novamente em impulsos nervosos que são conduzidos pelos nervos auditivos até o cérebro. Essa corrente de impulsos nervosos resulta em uma proposição mental secundária que se assemelha, mas está longe de ser idêntica à do falante. É uma nova percepção. Mais uma vez, aquela estranha fronteira cérebro-mente foi cruzada - cruzada duas vezes a cada enunciado!” (Penfield, 1959, p. 4, tradução nossa).

Nesse sentido, o cérebro desempenha os seguintes papéis no processo de comunicação: para o falante, funciona como um emissor de mensagens, enquanto para o ouvinte, atua como um decodificador que interpreta a sequência de palavras transmitidas.

Antes de 1861, sabia-se muito pouco sobre o cérebro humano e suas funções. Não havia um entendimento claro sobre como diferentes partes do cérebro estavam relacionadas a funções específicas, como a fala, o movimento ou a percepção sensorial. A descoberta de Paul Broca em 1861 (de que havia uma área no cérebro especialmente dedicada à fala) foi um ponto de virada na neurociência. Wilder Penfield, em 1959, destacou a importância dessa descoberta e continuou a explorar como essas áreas funcionais estão organizadas e operam, especialmente no contexto da fala e do controle motor.

No início do século XIX, dois neurologistas alemães trabalhando em um manicômio judicial, Gall e Spurzheim em Viena, começaram a analisar as irregularidades nas calotas cranianas dos detentos e montaram uma correspondência consolidada entre traços de personalidade e sítios cerebrais. Esse movimento, chamado Frenologia, pregava que representações de diferentes sentimentos e faculdades intelectuais, tais como amor pelas crianças, paixão sexual, ganância, benevolência, inteligência e linguagem poderiam ser claramente lidos a partir da calota craniana. O manual da Frenologia desses autores ganhou o mundo e foi tão lido fora da área médica que somente a Bíblia teve um número maior de exemplares vendidos. Essa prática comercial acabou por desmoralizar a frenologia e todos os neurologistas que tinham simpatia pela tese localizacionista. Nas Universidades de medicina, a Frenologia era ridicularizada e aos poucos esse primeiro esforço localizacionista foi encarado como "curanderia" (França, 2019).

Mais ou menos na mesma época em que Gall e Spurzheim publicaram seu tratado sobre frenologia ("Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso"), os primeiros passos para uma explicação do funcionamento do cérebro estavam sendo formulados na Itália. Foi então que Galvani e Volta iniciaram o estudo da eletricidade e da condução de correntes elétricas nos nervos, mas este conhecimento não passou rapidamente para a neurologia e salvaguardou alguns anos a mais para a Frenologia. Até que a chegada da “Hipótese do Campo Agregado” acabou por desbancar de vez aquela doutrina localizacionista:

“[A primeira oposição consistente à frenologia] veio exatamente um de seus adeptos: o francês Marie-Jean-Pierre Flourens, influente médico fisiologista experimental e político, que se tornou um frenologista arrependido. Entre 1835-40, Flourens fez muitos estudos com pássaros de cujos cérebros retirava pequenas porções de massa encefálica, denominadas ablações, nos sítios frenológicos. Segundo Flourens, se não fossem extensas, as ablações não causavam nenhuma perda cognitiva observável, independentemente de onde eram feitas. O animal continuava saudável depois da cirurgia. Isso o levou a defender a Hipótese do Campo Agregado, segundo a qual todas as sensações, percepções e volições, entre elas a linguagem, seriam processadas em todo o cérebro; e, portanto, decorriam, essencialmente, de uma única faculdade, isto é, de um todo indivisível.” (França 2019, p. 185.)

Um grande passo no esclarecimento da arquitetura cerebral foi dado por ocasião da descoberta esclarecedora do cirurgião francês Paul Broca. Um de seus pacientes havia perdido a capacidade de falar, e no lugar da fala reiterava a sílaba “tan” preservando a prosódia da sentença intencional. Após a morte do paciente, Broca mostrou na autópsia que a causa para aquele sintoma era uma lesão restrita, localizada na terceira circunvolução do lobo frontal anterior do hemisfério esquerdo do cérebro. Essa área ficou sendo conhecida como a Área de Broca. Essas observações

em 1861 foram de grande importância histórica para a neurologia, apesar de terem se mostrado bastante imprecisas anatomicamente à luz da neurologia de nossos tempos. Naquele momento histórico, elas representaram a crítica necessária à Teoria do Campo Agregado de Flourens, eminentemente não localizacionista (França, 2019).

Broca demonstrou em primeiro lugar que o hemisfério esquerdo está primordialmente envolvido na fala, e por isso cunhou a frase que atravessa séculos: “Nous parlons avec le hemisphere gauche”. Isso significava, é claro, não que a fala estivesse estabelecida ali no sentido da localização de um frenologista, mas que a área em questão era usada como parte essencial de um mecanismo funcional empregado enquanto o indivíduo falava, escrevia, lia ou ouvia outras pessoas. Isso mostrou também que um indivíduo ainda podia pensar e realizar outras atividades de forma voluntária enquanto o mecanismo da fala estava paralisado (França, 2019).

Já no século XX, em se tratando de sistema sensorio-motor, o trabalho de neurologista Americano-Canadense Wilder Penfield fornece uma base crucial para entender o controle motor da fala e suas implicações para transtornos como a AFI. Através de seus estudos sobre a organização do córtex motor, Penfield revelou a complexa rede de áreas cerebrais envolvidas na produção da fala, destacando a importância do planejamento e da coordenação motora.

Penfield afirma ter percebido que o segredo da atividade funcional no cérebro vivo é o movimento dentro dele de "potenciais elétricos transitórios, percorrendo as fibras do sistema nervoso" (Penfield; Roberts, 1959, p. 14). O autor conclui que é o padrão mutável desses potenciais de viagem, à medida que eles piscam nesta ou naquela parte do mecanismo total, que torna possível o conteúdo da mente em constante mudança.

Penfield chama atenção para a integração sensorial quando descreve a função do telencéfalo. O cérebro dos mamíferos, em contraste com o tronco cerebral inferior, o cerebelo e a medula espinhal, evoluiu com os receptores de distância: os órgãos do olfato, da visão e da audição. Até certo ponto, os hemisférios são construídos sobre os receptores de distância, mas em se tratando de seres humanos, em contraste com outros animais, surgiram vastas novas áreas adicionais do córtex cerebral, aglomerando as áreas sensoriais e motoras do córtex nas fissuras profundas. Suas áreas olfativas, tão grandes no cérebro dos animais inferiores, encolheram a uma posição de importância insignificante no bulbo olfativo e no lobo temporal.

Há três áreas sensoriais importantes no córtex humano, que recebem fluxos projetados de impulsos nervosos. São elas: 1) dos olhos, através dos núcleos geniculados laterais⁸, para as áreas sensoriais visuais primárias sobre cada fissura calcarina⁹ nas superfícies mesiais (mais próxima do plano sagital mediano) de cada lobo occipital ; 2) das orelhas aos giros transversais de Heschl¹⁰, que fazem parte da primeira convolução temporal de cada lado e correm profundamente na fissura lateral de Sylvius; 3) da face, braço, perna e corpo até as áreas sensoriais somáticas no giro pós-central de cada lado. Além dessas, há também a existência das áreas motoras somáticas primárias, uma em cada hemisfério, que transmitem os fluxos de impulsos nervosos que são projetados para baixo através das junções ganglionares no bulbo e na medula espinhal até os músculos da face, membros e corpo. Esses impulsos que fluem, portanto, produzem a ação que chamamos de voluntária (Penfield; Roberts, 1959).

Temos, portanto, as quatro principais áreas do córtex que possuem o que pode ser chamado de linhas-tronco de comunicação com o mundo exterior. Enquanto três delas trazem informações a outra envia a corrente de impulsos que determina a ação voluntária, uma parte importante que envolve a fala e a escrita.

As outras vastas áreas do córtex humano, como os lobos temporal, frontal anterior e parietal posterior, têm conexões dentro do próprio cérebro que lhes permitem realizar funções que podem ser descritas como psíquicas em vez de sensoriais ou motoras. Entretanto, todas as áreas do córtex estão unidas com a substância cinzenta subcortical por meio de sistemas de projeção de fibras nervosas específicas ou não específicas de duas vias.

Cada subdivisão funcional do córtex cerebral humano pode ser encarada como um crescimento ou projeção externa de alguma área de massa cinzenta no tronco cerebral mais antigo. Assim, a área projetada no córtex recém-formado presumivelmente serve para amplificar e ampliar

⁸ A anatomia de superfície do tálamo possui duas protuberâncias em sua superfície posteroventral. Essas protuberâncias são os **corpos geniculados medial e lateral**, que são responsáveis pelo processamento de informações auditivas e visuais, respectivamente.

Fonte: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/anatomia-do-talamo>

⁹ O lobo occipital contém a área visual - a área ao redor da **fissura calcarina**, que está conectada ao tálamo por um tracto de fibras brancas (radiação óptica).

Fonte: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/anatomia-seccional-seccoes-transversais-do-corpo-humano>

¹⁰ O giro temporal superior é contínuo com os giros temporais transversos, conhecidos em conjunto como giro de Heschl, (áreas 41 e 42 de Brodmann), que ocupa parte do assoalho da fissura lateral.

Fonte: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/lobo-temporal>

uma função que já está sendo desempenhada de maneira rudimentar pelo cérebro antigo de animais mais elementares. O córtex frontal anterior, por exemplo, pode ser pensado como uma elaboração do núcleo dorso-medial do tálamo, e grande parte do córtex temporal como uma projeção externa do pulvinar¹¹ e parte posterior do núcleo lateral do tálamo. Para Penfield, este seria, de muitas maneiras, um guia mais seguro para prever a subdivisão funcional do que o mapa citoarquitetônico do córtex (áreas de Brodmann) (Penfield; Roberts, 1959).

Preliminarmente à sua discussão sobre a **fala**, Penfield propõe descrever em linhas gerais algumas das áreas funcionais do córtex cerebral humano, que foram determinadas em grande parte por estimulação elétrica e por excisão cirúrgica. As áreas assim determinadas são sensoriais, motoras ou psíquicas.

A área de transmissão motora primária do córtex cerebral está situada no giro pré-central, em grande parte dentro da fissura central de Rolando¹², onde tem origem parte dos tratos córtico-espinais. Em contrapartida, o fluxo de impulsos neuronais que produz atividade voluntária não se origina no córtex, mas de uma fonte subcortical. Isso é corroborado pelo fato de que a excisão das convoluções imediatamente à frente ou atrás do giro não impede o indivíduo de controlar, por exemplo, a mão contralateral e guiá-la de acordo com muitas fontes de informação. Ele ainda pode direcionar o movimento desta mão de acordo com a informação visual que entra no cérebro através da área visual no lobo occipital daquele lado. De fato, se o lobo occipital for amputado, ele ainda pode dirigir a mão, graças aos impulsos visuais que estão entrando no cérebro através do outro lobo occipital. Segundo Penfield, parece razoável supor que o fluxo de impulsos que, por padrão, determina como a mão deve se mover deve se originar em uma área ganglionar do sistema centro-encefálico. E como as mãos são muito usadas juntas, parece provável que a área ganglionar esteja intimamente relacionada à fonte da corrente de impulsos que flui na outra direção para a área motora dedicada ao controle das mãos no outro hemisfério.

Através dessa explicação é possível perceber, portanto, que a área motora do córtex é um local tanto de origem quanto de destino. Sua função é transmitir o fluxo padronizado de impulsos que surge no sistema centro-encefálico e passa para o alvo nos músculos voluntários. Há, portanto,

¹¹ O pulvinar é o maior núcleo do tálamo. Apesar disso, suas funções ainda não são bem conhecidas. (Cf.: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/anatomia-do-talamo>)

¹² O sulco central, ou **fissura de Rolando**, separa os lobos frontal e parietal, e o sulco lateral mais profundo, ou fissura de Sylvius, forma a fronteira entre o lobo temporal e os lobos frontal e parietal (tradução nossa).

Fonte: <https://www.britannica.com/science/fissure-of-Rolando>

uma porção supracortical ou pré-cortical da via motora voluntária e uma porção pós-cortical, com uma faixa de transmissão motora do córtex unindo-as.

A área sensorial somática no giro pós-central também é uma faixa transmissora. A excisão do córtex posterior a ela, ou mesmo do giro pré-central anterior a ela, não priva o paciente da informação que normalmente chega a esse local. O fluxo sensorial somático que vem da pele, músculos e articulações do corpo vai para o giro pós-central, após interrupção ganglionar no núcleo lateral do tálamo, mas deve retornar para dentro para se juntar ao sistema centro-encefálico ao longo de um ramo pós-cortical.

Embora as correntes sensoriais e motoras fluam através das áreas correspondentes do córtex para objetivos mais distantes, é bem possível que transmutações muito importantes nessas correntes sejam produzidas no córtex, e que as relações transcorticais (relações mantidas entre as áreas primárias e secundárias sensoriais e motoras e outras áreas mais distantes) podem ser de grande importância. O mesmo pode ser dito das comissuras inter-hemisféricas, como o corpo caloso (Penfield, 1959).

A área de superfície de cada área sensorial primária no córtex é relativamente grande, em comparação com a área ganglionar atribuída a ela no tronco encefálico superior. No caso da visão, por exemplo, o córtex calcarino é consideravelmente mais extenso que o gânglio geniculado lateral. É bem possível que cada plataforma de transmissão seja usada para classificar os elementos no fluxo de impulsos que chegam e, assim, enviar um fluxo reorganizado de impulsos.

As áreas secundárias e suplementares são mostradas em parte na Figura abaixo. Penfield chama todo o giro pré-central (áreas 6 e 4 de Brodmann) de primário para o propósito desta discussão; e todo o giro pós-central da mesma forma. O córtex calcarino ¹³é considerado primário. Nos humanos, ainda não há evidências que diferenciariam o primário do secundário no córtex auditivo, embora isso tenha sido feito sugestivamente para os mamíferos de laboratório.

¹³ O tecido cortical em ambos os lados das margens do sulco calcarino é conhecido como córtex estriado (também conhecido como **córtex calcarino**) e forma o córtex visual primário.

Fonte: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/lobo-occipital>

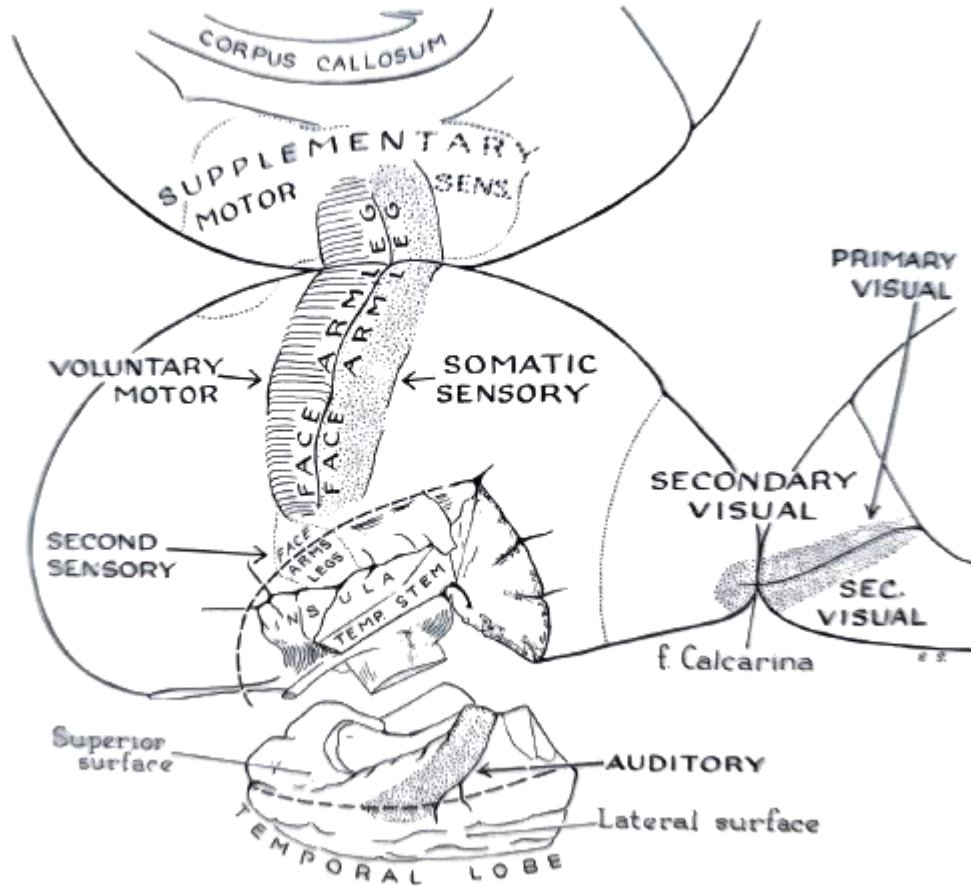


Figura 5 – Penfield, 1959, p. 32.

Através do desenho hipotético da figura abaixo, é possível perceber a relação entre as áreas primárias do córtex transmissor e as áreas secundárias por uma consideração da organização da visão. Aqui, sugere-se que as áreas secundárias recebam impulsos de ambos os campos de visão. Assim, a área secundária estaria recebendo um eco quase instantâneo da informação que entrou no cérebro através do aparelho transmissor de ambos os lados.

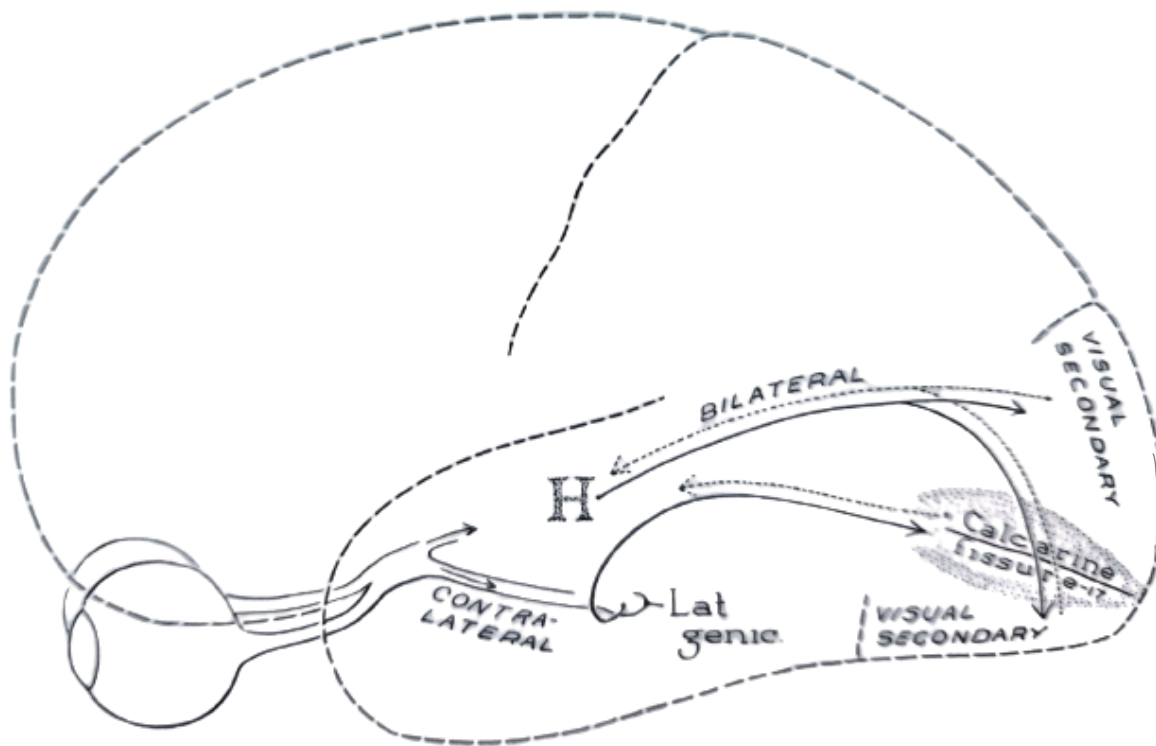


Figura 6 – Penfield, 1959, p. 29.

As partes do corpo são mapeadas neurologicamente no córtex somatossensorial. Existe uma representação pictórica do corpo humano, desenvolvida por Wilder Penfield, que é chamada de homúnculo sensorial cortical, mais conhecida como o *homúnculo de Penfield*. O mapa sensorial consiste em uma representação do corpo, ao longo do giro pós-central. A correspondência ponto a ponto do corpo no giro resulta em uma figura (o homúnculo), com mãos, lábios e rosto grandes e desproporcionais, em relação ao resto do corpo. Isso ocorre porque áreas finamente controladas ou com sensação aguda têm porções maiores do córtex somatossensorial¹⁴.

¹⁴ <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/parietal-lobe>

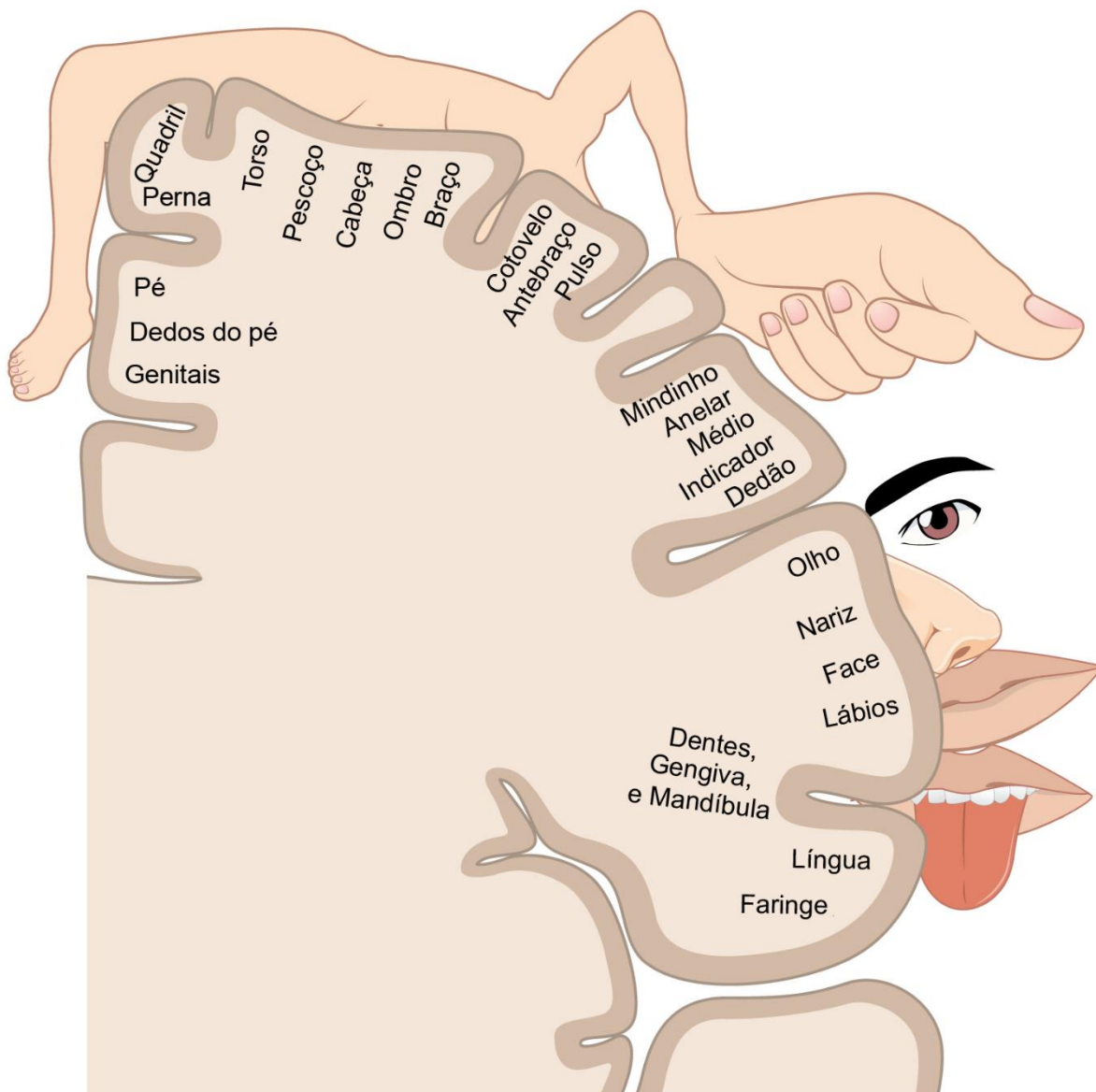


Figura 7 – retirado de: https://pt.wikipedia.org/wiki/Somatotopia#/media/Ficheiro:1421_Sensory_Homunculus_-_PT.png

O homúnculo fez sua primeira aparição no campo da neurologia em 1937, quando Wilder Penfield e Edwin Boldrey publicaram no *Brain* um artigo intitulado *Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation* (Penfield e Boldrey, 1937). O artigo apresenta dados provenientes de estimulação cortical de 126 pacientes, operados sob anestesia local por Penfield entre 1928 e 1936. Em comparação com publicações anteriores em animais, os autores operaram pacientes acordados, confiando em seu relato verbal de movimentos provocados e sensação tátil. Todas as gravações dos pacientes foram reunidas para obter o primeiro mapa abrangente de localização motora e somatossensorial no cérebro humano.

Esse mapa foi visualizado como uma figura humana distorcida — o homúnculo — cuja forma indica a quantidade de área cortical dedicada às funções motoras ou somatossensoriais de cada parte do corpo. A proposta seria um papel central do tálamo em todas as funções cerebrais, referindo-se aos córtices pericentrais como as áreas motoras primárias e de transmissão sensorial. Sua função é transmitir e possivelmente transmutar, com a ajuda de áreas motoras secundárias, o fluxo padronizado de impulsos que surge no sistema centro-encefálico e passa para o alvo nos músculos voluntários (Catani, 2017).

O homúnculo era para Penfield o controlador que permitia ao tálamo transmitir seus comandos motores ao corpo periférico. Esse, porém, não era um conceito novo, pois havia pesquisadores que já reconheciam que a estimulação cerebral ativa não apenas os neurônios próximos, mas também uma extensa rede de neurônios que compartilham conexões com aqueles diretamente estimulados. Por esta razão, a estimulação cerebral tem sido vista como um método para sondar a anatomia e a função da rede, em vez da localização cortical (Catani, 2017).

Tudo isso é de suma importância para os estudos de AFI, pois essa comunicação através do sulco central entre o homúnculo motor e somatossensorial é bastante significativa para aprender e executar movimentos motores finos. Além de alcançar, agarrar e falar, o homúnculo atende a tarefas como mastigação e vômito. Nessas tarefas, o homúnculo motor é auxiliado pelas conexões fronto-insulares que transmitem entradas viscerais e sensoriais (especialmente gustativas e olfativas) da ínsula anterior para as regiões motoras ventrais que controlam os movimentos orofaciais (Catani *et al.*, 2012 *apud* Catani, 2017).

Além de Penfield, o trabalho de Caruso e Strand (1999) tem uma relação importante no que tange à fala, especialmente no contexto do controle motor da fala e da apraxia de fala. Ambos os trabalhos, embora em contextos diferentes e com abordagens distintas, contribuem para uma compreensão abrangente da neurofisiologia e transtornos da fala.

3.2 Na Fonoaudiologia

Em se tratando de **fala**, é importante pensarmos sobre **movimento**. Numa perspectiva fisiológica, a fala é o resultado do fluxo de ar através do trato vocal. À medida que o ar passa por esse “tubo”, ele é primeiro colocado em vibração pelo movimento das pregas vocais e, em seguida,

ressoa ao passar pelo trato vocal. O trato vocal muda continuamente de forma por meio do movimento dos músculos da faringe, da língua e dos lábios, causando mudanças nessa ressonância¹⁵, o que resulta em ouvintes percebendo diferentes sons vocálicos. O ar também é modificado pelo movimento da mandíbula, língua, véu e lábios. Se algum desses movimentos não ocorrer no momento, amplitude, velocidade, força e tensão muscular corretos, a saída acústica pode ser comprometida e, em alguns casos, não compreendida pelo ouvinte (Caruso; Strand, 1999).

É importante salientar que é através do movimento dos músculos envolvidos na produção da fala que somos capazes de ouvir uma série de eventos acústicos que percebemos como fonemas. O modelo de produção de fala abaixo fornece uma estrutura para visualizarmos alguns dos transtornos relacionados à fala em crianças.

¹⁵ “O sistema de ressonância vocal consiste em um conjunto de elementos do aparelho fonador que se relacionam entre si moldando e projetando o som no espaço. Envolve a amplificação da intensidade de sons de determinadas frequências da voz e o amortecimento de outras” (Oliveira *et al.*, 2009, p. 325).

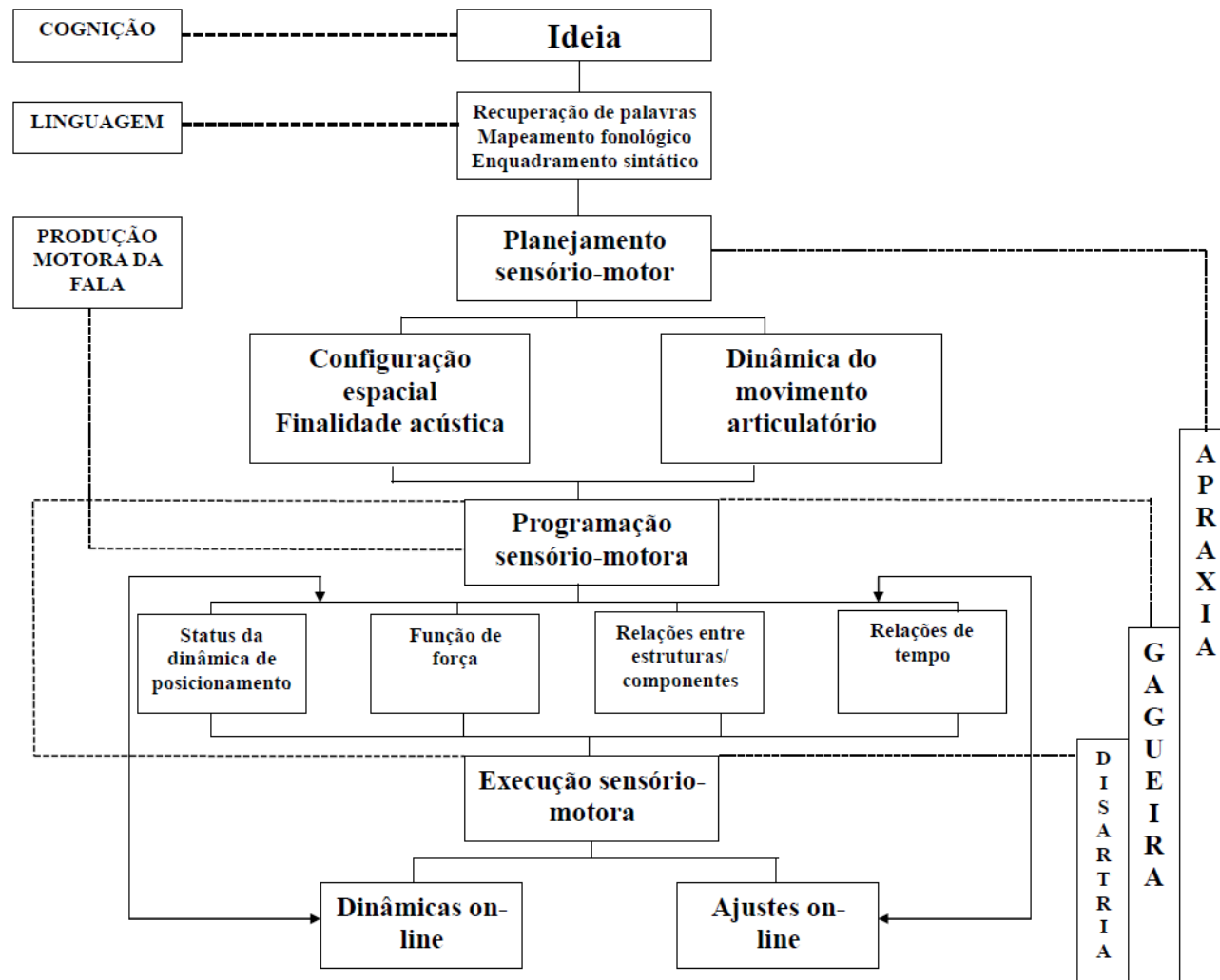


Figura 8 – Esquema recriado a partir de Caruso e Strand, 1999, p. 4.

A figura 8 evidencia diferentes níveis de processamento neural envolvidos na formulação da fala, além de destacar os transtornos motores que podem surgir devido a déficits nesses mecanismos. Esse modelo, entretanto, prioriza os processos de controle sensório-motor relacionados à produção típica e patológica da fala, deixando em segundo plano aspectos mais detalhados da pragmática e outros elementos da formulação da linguagem interativa, como a fonologia, morfologia e sintaxe.

É importante entender que os conceitos representados na Figura 8 não são completamente isolados e independentes. O esquema pode dar a entender, inclusive, que a linguagem é uma função separada da fala, mas não é o caso. A linguagem e os processos motores interagem e estão tão ligados que não podem ser separados. Ademais, um dos principais propósitos do modelo é transmitir a ideia de que níveis específicos de comprometimento do processamento podem estar associados a diferentes tipos de transtornos motores da fala (Caruso; Strand, 1999).

É importante observar que, nesse modelo, os processos sensório-motores interagem de maneira sistemática, desempenhando um papel importante para um mecanismo de fala íntegro. Consequentemente, nem todas as falhas nas etapas de planejamento, programação e execução resultam necessariamente em erros perceptíveis na fala. O modelo apresenta um sistema que é constantemente ajustado entre os diferentes níveis, permitindo que a fala típica seja produzida mesmo quando o processamento em um ou mais desses níveis não é totalmente ideal. Esse conceito costuma ser chamado por Caruso e Strand de ‘redundância’ e é importante não apenas para a fala dentro da tipicidade, mas também para a fala que não segue o padrão.

A fala é utilizada como meio para expressar uma intenção comunicativa. Assim, o indivíduo, inicialmente, tem clareza sobre o que deseja transmitir. Contudo, para que a ideia seja compreendida pelo ouvinte, é necessário recorrer a um meio acessível – no caso da fala, às palavras pronunciadas. Especificamente, isso envolve a recuperação de palavras, o mapeamento de sua fonologia e a organização sintática, que representam as principais atividades desse processo. Esses passos iniciais ocorrem no nível mental e antecedem os movimentos necessários para a produção da fala. Embora essa seja uma descrição simplificada do processamento cognitivo e linguístico da fala, ela ressalta a importância de considerar a interação entre os aspectos linguísticos e o sistema motor envolvido na fala.

Os processos sensório-motores subjacentes à fala representados na figura 8 são minuciosamente explicados em Caruso e Strand (1999) através de cada um dos seguintes tópicos: planejamento, programação e execução. Para tanto, a base foi a literatura existente sobre falantes adultos neurotípicos. Isso se justifica, pois existem importantes diferenças neuroanatômicas e neurofisiológicas entre crianças e adultos e, ao contrário dos adultos, as estruturas físicas envolvidas na fala estão mudando continuamente nas crianças, assim como os mecanismos que controlam o movimento dessas estruturas.

O **planejamento**, etapa inicial do processo sensório-motor subjacente à fala, é essencial para transformar os processos cognitivos em movimentos articulatorios. Para a emissão do fonema /m/, por exemplo, sendo ele sonoro, há a participação das pregas vocais, que vibram durante a sua produção. Além disso, trata-se de um som nasal, o que requer a abertura do mecanismo velo-faríngeo, permitindo que o ar seja direcionado para a cavidade nasal. O fonema também é caracterizado como bilabial, prolongado e anterior, demandando uma coordenação específica dos articuladores para alcançar o resultado acústico esperado. Após o planejamento motor, ocorre a etapa de programação, na qual os especificadores de movimento (ou parâmetros de movimento) são ajustados, proporcionando um refinamento das ações motoras necessárias para a produção precisa do som alvo.

O processo de **programação** sensório-motor é responsável pelos principais determinantes do tempo e posicionamento de articulação dentro do modelo. Esse processo contém quatro elementos (conforme mostrado na Figura 8):

No processo de programação sensório-motor, diversos parâmetros de movimento são ajustados para garantir a precisão articulatória. Entre esses parâmetros, destaca-se o **grau de amplitude**, que se refere à abertura dos articuladores durante a produção do som. A **direção do movimento** também é um aspecto crucial, determinando o trajeto percorrido pelos articuladores para alcançar a posição correta. Outro parâmetro importante é a **força aplicada**, que envolve o grau de contração muscular. Ao contrastarmos, por exemplo /p/ e /b/, a quantidade de força aplicada em /b/ é geralmente maior em comparação ao /p/. Além disso, a **velocidade do movimento** deve ser considerada, já que alguns sons, como o /t/, possuem uma duração mais curta do que outros, como o /d/. Esses parâmetros, portanto, contribuem para a execução precisa e eficiente dos movimentos articulatorios necessários para a fala.

- (i) posicionamento
- (ii) força
- (iii) relações entre estrutura/componentes
- (iv) tempo

Durante a programação, a dinâmica das posições é constantemente monitorada, garantindo que o início e a progressão dos movimentos estejam alinhados e alcancem o objetivo final desejado. Caruso e Strand definem a programação da seguinte forma:

“A programação [...] inclui a regulação das características temporais da atividade muscular e cinemática e a regulação da magnitude da atividade muscular para a iniciação do movimento. Além disso, há regulação da magnitude do início da atividade muscular pós-movimento, a fim de manter o movimento em andamento, bem como explicar as relações de tempo entre as estruturas individuais e os três principais componentes (respiratório, laríngeo e articulatório) do mecanismo de produção da fala. . Assim, as variáveis de programação neste nível do modelo estabelecem a base para a coordenação da saída subsequente do motor.” (Caruso; Strand, 1999, p. 7, tradução nossa)¹⁶.

Faz-se necessário aqui um alto nível de refinamento e flexibilidade com relação a alguns fatores relacionados à produção da fala. O ponto de articulação de um determinado som pode variar bastante, a depender do contexto fonético em que esse som ocorre. As associações de configurações espaciais com o mesmo som em diferentes contextos fonéticos são notavelmente diferentes. A produção de /p/ em "pé" é anterior a uma vogal oral, tônica, de altura média-baixa, com posição anterior e lábios não arredondados, diferentemente da produção de /p/ em “pão”, onde há duas vogais coocorrendo em um ditongo decrescente nasal. O sistema deve permitir essas variações de /p/ para que não ocorra uma espécie de distorção articulatória. É importante notar que há uma interação fluida entre os quatro elementos de programação representados na Figura 5 a fim de que ajustes possam ser feitos antes do processo de execução.

É no nível da **execução** sensório-motora que a realização dos movimentos de fala planejados e programados ocorre. O elemento denominado *dinâmica on-line* representa o ponto em que há de fato a produção dos movimentos previamente planejados ou programados. Uma característica importante aqui é o elemento rotulado como *ajuste on-line*, pois demonstra que

¹⁶ Programming at this level includes regulating the temporal characteristics of muscle and kinematic activity and regulation of the magnitude of muscle activity for movement initiation. Moreover, there is regulation of the magnitude of muscle activity postmovement onset in order to maintain the ongoing movement as well as to account for the timing relations among individual structures and the three major components (respiratory, laryngeal, and articulatory) of the speech production mechanism. Thus, the programming variables at this level of the model lay the foundation for coordination of the subsequent motor output.

mesmo após o início da produção da fala, há flexibilidade para alterações on-line com interação entre esse processo e o anterior (programação).

Através do mecanismo de produção da fala (saída acústica) é possível perceber movimentos bastante sofisticados. De uma maneira bastante simplista, a fala envolve o cérebro, os lábios, língua, mandíbula, véu palatino, pregas vocais e o sistema respiratório. Falar, portanto, é um grande desafio para as crianças com Apraxia. A produção de fala inteligível requer tempo e posicionamento precisos dessas estruturas dentro do trato vocal. Examinemos, como exemplo, do ponto de vista fonético-articulatório, a produção de uma sílaba simples falada isoladamente. A produção correta de uma sílaba como /pa/ requer um tempo interdependente preciso entre o fechamento oral para a consoante desvozeada inicial /p/ e o início do vozeamento para a vogal subsequente /a/. As dinâmicas temporais de cada articulador envolvido na produção de /pa/ são especificadas e executadas uma em relação à outra. Assim, o início e o final do fechamento do lábio superior e inferior para /p/ devem ser sincronizados em relação ao início da vibração das pregas vocais para a vogal seguinte. O tempo impreciso entre os articuladores pode resultar em erros de fala. A sonorização iniciada muito cedo resultaria na produção de /ba/ ao invés de /pa/. Da mesma forma, o posicionamento impreciso dos articuladores também pode resultar em erros de fala. Novamente, em nosso exemplo, se o lábio inferior não se movesse superiormente o suficiente para o fechamento oral para /p/ e parasse na parte inferior dos incisivos centrais superiores, a palavra produzida seria /fa/ e não /pa/. Obviamente, erros de tempo e posição também podem ocorrer simultaneamente. Combinar os dois erros para que ocorressem simultaneamente resultaria em /va/. Este exemplo serve para destacar o fato de que a saída acústica (fala) resulta de uma série de movimentos articulatorios refinados e quão desafiador tudo isso pode ser para as crianças apráxicas.

A produção da fala é uma atividade sensório-motora voluntária e altamente qualificada. Os elementos que integram o movimento articulatorio são programados e executados de forma interdependente. Um lábio, por exemplo, estará integrado e se moverá em relação aos correlatos espaço-temporais do outro. Esta interdependência é o fator que proporciona ao sistema sensório-motor da fala tanto a capacidade de produzir movimentos coordenados como a flexibilidade para fazer vários ajustes de modo que o resultado seja a fala inteligível.

Depois do trabalho de Wilder Penfield (1959), outra contribuição singular foi a de Willem Johannes Maria Levelt (1993), psicolinguista holandês, Diretor Emérito no *Max Planck Institute*

for Psycholinguistics. Como pesquisador da aquisição da linguagem humana e da produção da fala, Levelt desenvolveu uma teoria abrangente dos processos cognitivos envolvidos no ato de falar, incluindo o significado do "léxico mental". Ele avançou no entendimento do controle motor da fala, ao fornecer uma estrutura teórica detalhada sobre os processos cognitivos e psicolinguísticos envolvidos na produção da fala. Embora Levelt não tenha focado diretamente nos aspectos neurofisiológicos do controle motor, sua pesquisa foi essencial para compreendermos como o cérebro planeja e executa os movimentos necessários para a fala, integrando aspectos linguísticos e motores.

3.3. Na Linguística

Em *Speaking: From Intention to Articulation* (Levelt, 1993), o falante é encarado como um processador de informação altamente complexo que pode, de alguma forma, transformar intenções, pensamentos e sentimentos em fala fluentemente articulada. Apenas estudar as funções da fala – os atos intencionais que um utilizador da língua pode realizar através da fala, tais como referir, solicitar e explicar – não é suficiente. Também não é suficiente estudar os padrões de interação falada entre interlocutores – as formas como eles se envolvem na conversa, se revezam, sinalizam mal-entendidos, e assim por diante. Tudo aquilo que envolve habilidade cognitiva complexa requer uma análise fundamentada do sistema em subsistemas ou componentes de processamento, bem como uma caracterização das representações que são computadas por estes processadores e da maneira como são computadas, além de uma especificação de como esses componentes cooperam na geração do seu produto final.

A maneira pela qual um falante mapeia o conjunto de informações a ser expresso em palavras faladas envolve a recuperação de itens lexicais, do que Levelt chama de *léxico mental* (o armazenamento de informações). O falante usará partes da estrutura conceitual para recuperar as palavras apropriadas, ou seja, os itens lexicais que expressam corretamente os significados pretendidos do léxico. Um item lexical é uma entidade complexa e é recuperado com base no seu significado, mas além disso contém informações sintáticas, morfológicas e fonológicas.

O esquema abaixo propõe uma representação dos vários processos envolvidos na produção da fala fluente. São vários componentes de processamento envolvidos, em que cada um recebe um certo tipo de entrada e produz um certo tipo de saída, e a saída de um componente pode se tornar a entrada de outro.

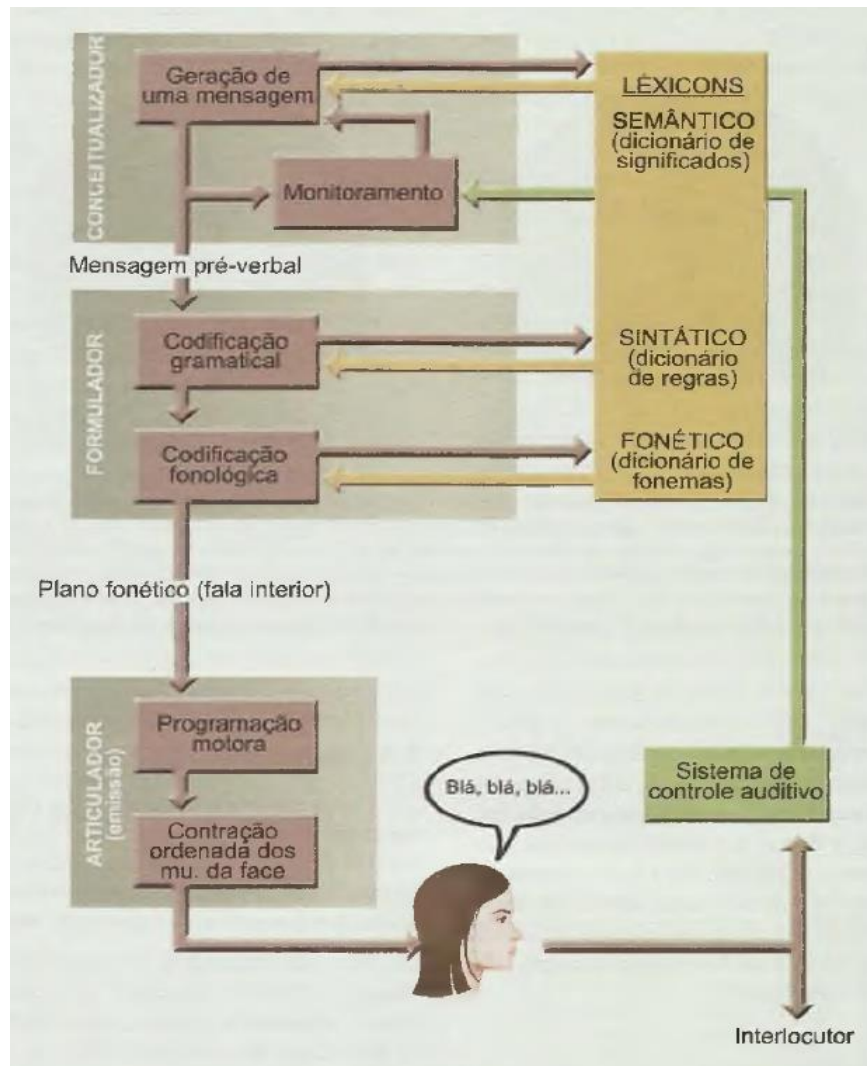


Figura 9 – LENT, R. 2010, p. 686.

Por esse prisma, o ato de falar envolve, dentre outros fatores, conceber uma intenção, selecionar as informações relevantes a serem expressas para a realização desse propósito, ordenar essas informações e acompanhar o que foi dito antes. Essas atividades exigem atenção constante do falante, que deverá, além disso, monitorar o que está dizendo e como. A *conceitualização* seria a soma total dessas atividades mentais, e *Conceitualizador* o sistema de processamento

subserviente (com plena consciência de que aspectos bastante heterogêneos do falante estão envolvidos). Para codificar a mensagem, o locutor deve ter acesso a dois tipos de conhecimento: o *procedimental* e o *declarativo*.

O conhecimento *procedimental* tem o formato SE *X* ENTÃO *Y*. SE a intenção é comprometer-se com a verdade de *p*, ENTÃO afirme *p*. Aqui *p* é alguma proposição que o falante deseja expressar como sendo o caso, e o procedimento indicado é construir uma afirmação dessa proposição. O *Conceitualizador* e seu gerador de mensagens podem ser pensados como um sistema estruturado de tais pares condição/ação. Esses procedimentos podem depositar seus resultados no que é chamado de Memória de Trabalho (Baddeley, 1986 *cf.* capítulo posterior). A memória de trabalho contém todas as informações atualmente acessíveis ao falante, ou seja, todas as informações que podem ser processadas por procedimentos de geração de mensagens ou por procedimentos de monitoramento.

O conhecimento *declarativo* está, em primeiro lugar, disponível na Memória de Longo Prazo – o conhecimento estruturado do falante sobre o mundo e sobre si mesmo, construído ao longo da vida (também chamado de conhecimento enciclopédico). Mas há também conhecimento declarativo da situação discursiva atual. O falante pode estar ciente dos interlocutores – onde estão e quem são. Além disso, o falante pode estar na presença perceptual de um conjunto visual de objetos, de informações acústicas sobre o ambiente, e assim por diante. Este conhecimento situacional também pode ser acessível como conhecimento declarativo, para ser utilizado na codificação de mensagens. Finalmente, o falante acompanhará o que ele e os outros disseram durante a interação. Este é o seu registro de discurso, do qual apenas uma pequena parte focada está na memória de trabalho do locutor. A Figura acima representa o conhecimento declarativo dentro de círculos. O conhecimento *processual* não é representado de forma independente na figura; faz parte dos próprios processadores, que têm formato retangular.

Quando o falante aplica o procedimento SE *X* ENTÃO *Y* acima à proposição “O Rio de Janeiro é perigoso¹⁷”, a mensagem será a afirmação desta proposição. A mensagem gerada não é apenas a saída do *Conceitualizador*; é também a entrada para o próximo componente de processamento, que será chamado de *Formulador*. O *Formulador* pode lidar apenas com mensagens que atendam a certas condições específicas da linguagem. Consequentemente, a saída

¹⁷ Exemplo adaptado do original *Manhattan is dangerous* (LEVELT, 1993, p. 10).

adequada do *Conceitualizador* será chamada de *mensagem pré-verbal* – uma estrutura conceitual que pode ser aceita como entrada pelo *Formulador*.

As duas fases no planeamento de uma mensagem pré-verbal são, portanto, o *macroplaneamento* e *microplaneamento*. O primeiro envolve a elaboração de algum objetivo comunicativo em uma série de subobjetivos e a recuperação da informação a ser expressa para realizar cada um desses subobjetivos; o segundo atribui a forma proposicional correta a cada um desses “blocos” de informação, bem como a perspectiva informacional (o tópico e o foco específicos) que orientará a alocação de atenção do destinatário.

Uma próxima etapa envolve o componente *formulador*, que aceita fragmentos de mensagens como entrada e produz como saída um plano fonético ou articulatório. Em outras palavras, o Formulador traduz uma estrutura conceitual em uma estrutura linguística, e essa ocorre em duas etapas – a codificação gramatical e a codificação fonológica.

Primeiramente, existe a codificação gramatical da mensagem. O Codificador Gramatical consiste em procedimentos de acesso a lemas e de construção sintática. A informação vocabular (*lema*) do falante é o conhecimento declarativo, que é armazenado em seu léxico mental. As informações do *lema* de um item lexical contêm o sentido do item lexical, ou seja, o conceito que acompanha a palavra. Os exemplos que vemos em Levelt (1993) de tal informação são que o *pardal* é um tipo especial de pássaro e que *dar* envolve algum ator X fazendo com que alguma posse Y vá do ator X para o destinatário Z. Além disso, a sintaxe de cada palavra faz parte de sua informação de lema. O lema *pardal* é categorizado como um substantivo; o verbo *dar* é categorizado como um verbo (V) que pode assumir um sujeito, um objeto direto (expressando a posse) e um objeto indireto (expressando o destinatário, como em *João deu o livro a Maria*, por exemplo), e assim por diante. Um lema será ativado quando seu significado corresponder à parte da mensagem pré-verbal. Isto disponibilizará sua sintaxe, que por sua vez ativará certos procedimentos de construção sintática. Quando, por exemplo, o lema *dar* é ativado pela estrutura conceitual da mensagem, a categoria sintática V ativará o procedimento de construção verbo-frase. Esse conhecimento processual (armazenado no Codificador Gramatical) é usado para construir frases verbais, como *deu o livro a Mary*. Existem também procedimentos no Codificador Gramatical para construir sintagmas nominais (por exemplo, *o pardal*), sintagmas preposicionais, orações e assim por diante.

Quando todos os *lemas* relevantes tiverem sido acessados e todos o processo de construção concluído, o Codificador Gramatical terá produzido uma estrutura de superfície – uma sequência ordenada de *lemas* agrupados em frases e subfrases de vários tipos. A cadeia de superfície *João deu o livro a Maria* é do tipo “frase”, com os constituintes João (um sintagma nominal que é o sujeito da frase) e deu o livro a Maria (um sintagma verbal que é seu predicado). O sintagma verbal, por sua vez, é composto por um verbo principal e dois sintagmas – um nominal (objeto direto) e outro preposicional (objeto indireto). Os procedimentos de codificação gramatical podem depositar seus resultados provisórios em um *buffer*, chamado de *Buffer Sintático*.

Em seguida, ocorre a codificação fonológica. Sua função é recuperar ou construir um plano fonético ou articulatório para cada lema e para o enunciado como um todo. A principal fonte de informação a ser acessada pelo Codificador Fonológico é a forma lexical, a informação do léxico sobre a composição interna de um item. Além da informação do *lema*, um item do léxico contém informações sobre sua morfologia e sua fonologia - a palavra *menininha*, por exemplo, é composta de uma raiz (menin-) e um sufixo (-inha) e quatro sílabas. Vários procedimentos fonológicos modificarão, ou especificarão melhor, a informação da forma que é recuperada.

O resultado da codificação fonológica é um plano fonético ou articulatório. Não se trata ainda de um discurso espontâneo, mas de uma representação interna de como o enunciado planejado deve ser articulado – um planejamento para articulação. Levelt chama alternativamente esta representação de *discurso interno*. O termo pode, claro, perder alguma da sua conotação cotidiana quando usado como equivalente ao termo técnico “plano fonético”. Em particular, o falante, no decurso de uma fala fluente, muitas vezes não estará consciente do seu plano fonético. O termo “fala interna”, entretanto, implica um certo grau de consciência (McNeill 1987 apud Levelt, 1993, p. 12). De uma maneira um tanto simplista, a fala interna se ajusta ao plano fonético na medida em que é atendida e interpretada pelo falante – isto é, o plano fonético na medida em que é analisado pelo falante (veja abaixo). Este produto final do *Formulador* torna-se a entrada para o *Articulador*, o próximo componente de processamento.

Esta próxima fase merece uma atenção especial, pois foca exatamente na questão da AFI. Lemos em Levelt (1993) que “articular é a execução do plano fonético pela musculatura dos sistemas respiratório, laríngeo e supralaríngeo” (pp. 12-13, tradução nossa). O Formulador não necessariamente apresenta seu plano fonético exatamente na velocidade normal de articulação. Na

verdade, a geração da fala interna pode estar um pouco à frente da execução articulatória (“problema” frequente para apráxicos). Faz-se necessário, para lidar com tais assincronias, que o plano fonético seja armazenado temporariamente, através do denominado *Buffer Articulatório*. O articulador recupera partes de fala interna desse *buffer* e os desdobra para execução.

Como já colocado anteriormente, o “coração” da AFI é o controle motor, o que exige o uso coordenado de determinados músculos. Se certos músculos de um conjunto têm seus movimentos prejudicados, outros compensarão de modo que aproximadamente o mesmo objetivo articulatório seja alcançado, ou seja, embora o plano articulatório seja relativamente independente do contexto, a sua execução irá, dentro de limites, adaptar-se às diversas circunstâncias de articulação.

O automonitoramento é um dos componentes de processamento da compreensão da linguagem. Um falante é seu próprio ouvinte, mais precisamente, ele/a tem acesso (é capaz de ouvir) tanto ao seu discurso interno como ao seu discurso aberto e de seus interlocutores. Isso envolve um componente de processamento auditivo¹⁸. Ele pode compreender o que está dizendo, ou seja, interpretar os sons de sua própria fala como palavras e sentenças significativas. Esse processamento ocorre por meio do chamado Sistema de Compreensão do Discurso (cf. figura 9).

Levelt faz uma menção importante quando afirma, referindo-se ao trabalho de Dell (1980), que “o falante também pode atentar-se ao seu próprio discurso interno” (Dell, 1980 *apud* Levelt, 1993, p. 13), o que significa que a fala interna é representável na *memória de trabalho*. Dessa forma, o falante é capaz de detectar problemas no seu próprio discurso interno antes de articular por completo algum elemento, autocorrigindo-se. O Sistema de Compreensão da Fala nos permite descobrir erros de forma na fala de outras pessoas. Há um monitoramento por parte dos falantes, não apenas do significado, mas também de uma adequação linguística.

A memória de trabalho, tema do próximo capítulo, é essencial para a estruturação das sentenças e produção e articulação da fala, pois envolve o armazenamento temporário e a manipulação de informações necessárias para executar tarefas linguísticas complexas como as que usamos a todo momento.

¹⁸ O exame de processamento auditivo central (PAC), a propósito, é realizado exclusivamente pelo fonoaudiólogo a fim de detectar o Transtorno de Processamento Auditivo Central e é parte da bateria de testes de checagem antes do diagnóstico final de AFL.

4. A MEMÓRIA DE TRABALHO

A memória, um dos aspectos mais notáveis do comportamento humano, é a capacidade de adquirir e armazenar desde as informações mais simples (como aquelas que envolvem detalhes rotineiros da vida diária) até as mais complexas, como por exemplo o conhecimento matemático. Em um sentido mais amplo, a memória nos fornece uma imagem coerente do passado que coloca a experiência atual em perspectiva. Nossa constituição como sujeitos depende daquilo que aprendemos e lembramos. Além da continuidade da identidade individual, a memória também se faz importante para a transmissão da cultura e para a evolução e continuidade das sociedades ao longo dos séculos. Embora o tamanho e a estrutura do cérebro humano não tenham mudado desde que o *Homo sapiens* apareceu pela primeira vez na África Oriental, há cerca de 150.000 anos, a capacidade de aprendizagem dos seres humanos e a sua memória histórica cresceram ao longo dos séculos através da aprendizagem partilhada, isto é, através da transmissão da cultura (Kandel, 2006).

A forma como o adulto neurotípico é capaz de produzir e compreender a sua língua nativa com rapidez, precisão e sem esforço é notável. Esse adulto conhece a estrutura sonora, o significado e a grafia de milhares de palavras, constituindo uma espécie de dicionário mental adquirido através da experiência. Todavia, sabemos que o conhecimento sobre a linguagem não está restrito a palavras individuais, mas também a um domínio da gramática do idioma nativo:

“A **gramática** é um sistema complexo de regras sintáticas abstratas que permite ao falante combinar palavras em um número infinito de frases e sentenças. Também permite ao ouvinte compreender as mensagens produzidas por outras pessoas. Além disso, a produção e a compreensão da linguagem são guiadas pelo conhecimento tanto da **pragmática** do uso da linguagem quanto das convenções que regem o discurso entre os indivíduos.” (Gathercole; Baddeley, 1993, p. 1, tradução e grifos nossos)

Sabemos, graças a Chomsky (1957), que a capacidade única dos humanos para desenvolver essa extensa base de conhecimento para a língua nativa é atribuída a capacidades inatas especializadas na aquisição e processamento da linguagem. Depois, em Chomsky (1959) passamos a conhecer a hierarquia das linguagens formais, que nos apresenta uma tipologia estrutural muito útil para entendermos como o ser humano pensa e se a forma como faz isso é igual a de outros

agentes animais ou robóticos. Trata-se de três tipos de estrutura: (i) Gramática Regular ou Linear (GR); (ii) Gramática Livre de Contexto (GLC) e (iii) Gramática Sensível ao Contexto (GSC).

A Gramática Regular é a mais simples de todas. As regras dizem: “depois desta letra, vem outra”. Por exemplo: Regra: $S \rightarrow aA$ e $A \rightarrow bS$ e $S \rightarrow \varepsilon$, formando as palavras ab, abab, ababab... Para uma analogia de como ela funciona, digamos que existe um robô que só consegue olhar uma letra por vez e seguir em frente. Ele não lembra do que já viu. Apenas segue adiante. Se ele estiver montando “S” ele sabe que depois do “a” vem o “A”; depois do “A” vem o “bS” e depois de “S” acabou. Para este tipo de estrutura o ser estruturante ou o robô não precisa de memória. É simplesmente uma correspondência linear, sem interrupções ou voltas. É uma estrutura completamente previsível localmente, como trabalhar na linha de montagem de uma indústria: um empregado coloca o corpo da boneca na esteira, o corpo rola até o empregado que vai ajustar a cabeça e depois passa para o ajuste dos membro superiores e, por fim, os inferiores.

A Gramática Livre de Contexto é um pouco mais complexa. As regras agora podem dizer: “um símbolo vira dois ou mais, porém sem olhar o que vem antes ou depois”. Por exemplo, a Regra: $S \rightarrow aSb$, $S \rightarrow \varepsilon$, formando as palavras ab, aabb, aaabbb... Para uma outra analogia, imagine que o robô agora pode empilhar símbolos. Para cada “a” que ele vê, ele guarda uma ficha. Depois, que todos os a’s apareceram, os b’s começam a surgir, mas não se pode aceitar nem mais nem menos b’s em comparação com os a’s. Então a forma de controlar é para cada “b” que aparece, ele tira uma das fichas que havia guardado. Assim ele consegue garantir que no final haverá o mesmo número de “a’s do que b’s”. Neste caso, o ser estruturante ou o robô precisa de memória para “guardar as fichas”, ou seja, ele precisa lembrar quantos a’s vieram antes dos b’s, para que ele consiga igualar os b’s aos a’s que vieram antes. É uma memória que tem um recurso para dar conta da estrutura.

Por fim, a Gramática Sensível ao Contexto é a mais poderosa delas. As regras podem dizer: “você só troca este símbolo, se ele estiver cercado por tais outros”. Por exemplo: a Regra $aAb \rightarrow abb$ formando as palavras abc, aabbcc, aaabbbccc... Agora a analogia seria que, hipoteticamente, o robô poderia olhar para os lados e mudar a regra dependendo do que tem ao redor. Ele também pode escrever e voltar, como numa fita de vídeo. Nesse caso, o ser estruturante ou o robô precisa de uma memória mais poderosa e mais inteligente e flexível do que o artifício de empilhar cartas para marcar o lugar das primeiras peças. Isso acontece porque a Gramática Sensível ao Contexto

não pode ser antecipada, mas é flexível o bastante para se adaptar a qualquer contexto legítimo. Dependendo do contexto, a regra se aplica ou não.

Chomsky vai argumentar que as línguas naturais são estruturadas a partir de GSC, ou seja o poder de organizar complexidades a partir de memórias que tem que estar ativas no momento da estruturação e tem que poder se ajustar com o contexto.

Nesse sentido, um mecanismo que merece total atenção na hora de entendermos o processamento da linguagem é a **memória de trabalho**, termo utilizado por Baddley e Hitch (1974) para descrever um sistema de memória de curto prazo (doravante MCP), envolvido no processamento temporário e no armazenamento das informações durante o processamento.

Na década de 1960, pesquisadores da memória humana começaram a compreender a memória como dois sistemas: um de curto prazo que processa informações em meros segundos, e outro de longo prazo capaz de gerenciar informações indefinidamente. Eles também descobriram, no entanto, que a memória de curto prazo não era simplesmente um depósito de informações, como muitos pensavam, mas trabalhava ativamente em tarefas cognitivas (ou mentais). Foi assim que a expressão ‘memória de trabalho’ surgiu. Todavia, tal hipótese não estava comprovada, o que impulsionou Baddeley e Hitch (2017) a investigarem uma forma de descobrir como produzir evidências definitivas de que a memória de curto prazo era um sistema funcional que manipulava e processava ativamente informações. Eles realizaram uma série de dez experiências cujos resultados foram apresentados em seu artigo de 1974, *Memória de Trabalho*. Os autores conseguiram mostrar que a memória de curto prazo é de fato um sistema ativo responsável pelo processamento e gestão da informação, ao mesmo tempo que influencia a atenção, o raciocínio, a compreensão da leitura e a aprendizagem.

Gathercole e Baddeley (1993) explicam que são três os componentes que integram a memória de trabalho de acordo com esse modelo: o **executivo central**, a **alça fonológica** e o **esquema visuoespacial**. O primeiro seria o responsável pelo processamento de informações de curto-prazo e pela tomada de decisões. Esse é considerado o cerne da memória de trabalho com capacidade limitada. O executivo central, portanto, age como um processador central, tanto processando a informação quanto controlando a ação. Ele seria então o responsável pelo controle da atenção alocando-a para diferentes tarefas de acordo com as demandas; os outros dois componentes são subservientes ao executivo central – a alça fonológica mantém a informação

verbalmente codificada, ao passo que o esquema visuoespacial está envolvido no processamento e manutenção de curto prazo de material visual ou espacial.

Uma das funções primárias do executivo central é coordenar a atividade na memória de trabalho e controlar a transmissão de informações entre outras partes do sistema cognitivo. Além disso, o executivo aloca entradas para os sistemas subservientes da alça fonológica e do esquema visuoespacial, e recupera informações da memória de longo prazo. Dentre as tarefas cognitivas que envolvem o executivo central estão aritmética mental, recordação de longas listas de dígitos, raciocínio lógico, produção aleatória de letras, verificação semântica e recordação de eventos da memória de longo prazo.

A alça fonológica é composta por dois subcomponentes: o **armazenamento fonológico** representa um código fonológico que decai com o tempo; o **processo de ensaio articulatorio**, por sua vez, serve para reativar as representações decadentes nas reservas fonológicas e assim manter os itens de memória. O processo de ensaio também é usado para recodificar *inputs* não fonológicos, como palavras impressas ou imagens, em sua forma fonológica, para que possam ser mantidos no armazenamento fonológico.

O esquema visuoespacial é especializado no processamento e armazenamento de informações visuais e espaciais e de material verbal que é subsequentemente codificado na forma de imagens. Gathercole e Baddeley (1993, p. 17) apontam que há poucos indícios de que esse componente da memória de trabalho desempenhe um papel significativo na linguagem.

Um grande problema com o modelo de três componentes da memória de trabalho seria explicar como ele estava ligado à memória de longo prazo (doravante MLP). É possível memorizar até cerca de quinze palavras em uma frase (Baddeley, 2020), mas esse número é substancialmente maior do que a capacidade da alça fonológica, e a recordação de frases não se limita àquelas que podem ser facilmente transformadas em imagens visuais. A ordem das palavras dentro de uma frase é limitada pelas regras gramaticais e pelo significado geral da frase, ambos permitindo que o processo de agrupamento aumente a extensão e, em ambos os casos, dependendo da MLP. No entanto, isso levanta a questão de como a memória de trabalho e a MLP interagem.

Além desse, um outro problema é a própria extensão de dígitos. Levando em conta que normalmente conseguimos lembrar sete ou mais dígitos, e dois ou três deles vêm da alça

fonológica, onde os outros itens estariam armazenados é uma questão. Se for na MCP visual, como isso seria combinado com a MCP fonológica?

Em um estudo sobre a vivacidade das imagens visuais realizado por Baddeley e Andrade (2000), é sugerido que imagens como por exemplo a de uma cena de mercado não parecem depender fortemente dos subsistemas visuoespaciais e fonológicos. Em vez disso, parecem depender principalmente da quantidade e do tipo de informação mantida no MLP. Assim, quando foi apresentada uma imagem de uma ave específica aos participantes e posteriormente solicitado a recordarem essa imagem, o nível de vivacidade relatado dependia do conhecimento prévio das aves e não da memória de trabalho. Então, onde é mantida a informação para imagens visuais complexas enquanto o julgamento da vivacidade é feito? Na tentativa de responder a essas questões, Baddeley propôs então um quarto elemento para o modelo multimodal de memória – o *buffer* episódico, um sistema de armazenamento que pode conter cerca de quatro blocos de informações em um código multimodal capaz de conter episódios ou partes com base em uma variedade de dimensões diferentes, incluindo visual, verbal e semântica, que podem vir de uma variedade de fontes além da memória de trabalho, incluindo principalmente a percepção e a MLP. Cada uma dessas fontes de informação utiliza um código diferente, mas eles podem ser combinados dentro do *buffer* multidimensional. Segundo Baddeley, a informação é recuperada do *buffer* episódico através da percepção consciente (Baddeley, 2020).

A interface entre a memória de trabalho, a fala e a linguagem, tema da próxima seção, é complexa e interdependente. Déficits na memória de trabalho podem impactar significativamente a capacidade de uma pessoa de processar e produzir linguagem de maneira eficaz, o que é particularmente evidente em condições como a AFI.

4.1. A memória de trabalho e sua interface com a fala e a linguagem

Levando em consideração o funcionamento da memória de trabalho no modelo de Baddeley e Hitch exposto na seção anterior, é possível pensar em como a memória de trabalho ajuda no processamento da linguagem e vice-versa. À medida que o conhecimento de vocabulário é “estocado”, novas palavras ativam estruturas de conhecimento existentes compartilhadas ou sobrepostas, o que servirá de suporte ao aprendizado de palavras. Ao ouvir, por exemplo, a palavra

‘paralelepípedo’ pela primeira vez, é provável que uma criança de 2 ou 3 anos não saiba quase nada sobre essa palavra, resultando em muito pouca ativação da memória de longo prazo para dar suporte à retenção. Ela deverá decodificar cuidadosamente a forma ortográfica para codificar uma forma fonológica em sua memória de trabalho e, então, deve ensaiar continuamente a forma para retê-la. Ela provavelmente precisará também procurar uma definição para começar a estabelecer uma representação lexical e somente com a atualização repetida da memória de trabalho espaçada ao longo de algum tempo a representação se tornará estável (Archibald, 2018).

O processamento em nível de frase também foi relacionado à memória de trabalho - maiores demandas morfossintáticas impõem uma carga maior à memória de trabalho, talvez devido à necessidade de reter mais informações para completar as demandas de processamento linguístico. Isso sugere que a memória de trabalho desempenha um papel importante no suporte ao processamento da linguagem à medida que as demandas linguísticas aumentam (Archibald, 2018).

O processamento de linguagem eficiente nos permite unir partes individuais de informação em um bloco significativo. Ao analisar as informações em blocos dessa forma, a carga na memória de trabalho é reduzida. É muito mais fácil, por exemplo, lembrar de uma sequência de letras como ‘livro’ do que de uma sequência sem sentido das mesmas letras como *vrilo. A primeira sequência ‘livro’ é uma palavra familiar com associações bem estabelecidas cuja forte ativação da memória de longo prazo ajuda na retenção, ligando assim a sequência em um bloco e reduzindo a carga da memória de trabalho. *vrilo, entretanto, por ser uma forma desconhecida, não seria facilmente dividida em blocos, colocando maiores demandas nos recursos da memória de trabalho. Quanto menos blocos na memória de trabalho, mais a criança terá recursos disponíveis para focar a atenção em outros aspectos de uma tarefa (Archibald, 2018).

No modelo de memória de trabalho de Baddeley (1986 *apud* Dodwell; Bavin, 2008), foi sugerido que crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Linguagem (TDL) têm capacidade limitada de memória de trabalho fonológica. Nem toda criança com AFI terá TDL como comorbidade, entretanto, a dificuldade de acesso lexical na produção da fala da criança com AFI pode ser um impeditivo para que a comunicação ocorra. Cabe, portanto, refletir se a capacidade de memória de trabalho fonológica é limitada na criança com AFI assim como na criança com TDL.

Há uma complexidade de operações cognitivas que acontecem durante a produção da fala entre a formulação de um conteúdo pelo falante e a execução de gestos articulatórios apropriados

que levarão à sua produção. De acordo com a estrutura de Garrett (1980 apud Gathercole e Baddeley, 1993, p. 76), há cinco níveis de representação envolvidos nesse processo. Uma vez construído o conteúdo conceitual do enunciado, o falante deve produzir uma representação do nível funcional, na qual os principais itens lexicais são selecionados e seus papéis funcionais especificados. Em seguida, um quadro sintático específico é selecionado e as especificações fonológicas de todas as unidades lexicais são inseridas na frase. Em dois estágios adicionais (*sound level* e *articulatory instructions*), as regras fonéticas são aplicadas à especificação fonológica e, em seguida, os comandos articulatórios correspondentes recuperados, para produzir um conjunto de instruções articulatórias detalhadas que irão controlar a produção do enunciado.

A memória de trabalho pode cumprir importante função nas operações cognitivas envolvidas na produção da fala, como fornecer armazenamento de *buffer* na execução da fala. Cada um dos níveis de representação no modelo de Garrett exigirá armazenamento enquanto os cálculos necessários para a produção no próximo nível estão ocorrendo. Em tese, a alça fonológica seria a mais adequada para servir a essa função de buffer na execução da fala. Primeiramente, por conta de sua especialização no domínio articulatório/ fonológico, e por ser um subcomponente que pode ser utilizado sem sobrecarregar o executivo central.

Existe ainda a possibilidade de que a memória de trabalho contribua para o processamento cognitivo envolvido na produção da fala. Ainda com relação ao modelo de Garrett, uma série de operações no processamento de informações são necessárias para avançar de um nível de representação para o próximo.

[...] para prosseguir de uma representação de nível de mensagem para uma representação de nível funcional, o falante deve recuperar representações abstratas de palavras de conteúdo do léxico, criar as estruturas sintáticas apropriadas e então combinar as duas na estrutura funcional da frase. Para alcançar uma representação no nível posicional, as especificações fonológicas dos itens lexicais principais devem então ser recuperadas, um quadro de planejamento para a frase construída, as palavras inseridas no quadro de planejamento e os afixos apropriados e palavras funcionais acessadas e inseridas. (Gathercole; Baddeley, 1993, pp. 77-78, tradução nossa)

Estudos anteriores verificaram que os apráxicos apresentam redução da capacidade de memória de trabalho sugestiva de alteração na alça fonoarticulatória. Os resultados foram

interpretados como sugerindo que indivíduos apráxicos, que apresentavam transtorno no planejamento motor da fala, apresentaram déficit de memória de trabalho¹⁹.

4.2. Atenção e controle inibitório na AFI

A maioria dos modelos cognitivos apoia a ideia de que as Funções Executivas podem ser subdivididas em funções diferentes (embora correlacionadas) – controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva — que compartilham um propósito comum: o recrutamento de atenção e controle sobre o comportamento para atingir uma meta adaptativa. A ‘inibição’ se refere ao controle deliberado de respostas e permite que alguém controle determinados impulsos e mantenha a atenção focada suprimindo informações não relevantes (controle de interferência). Muitos processos cognitivos, comportamentais e emocionais, como raciocínio abstrato e autorregulação em contextos afetivos e emocionais, exigem controle inibitório, o que permite comportamentos mais apropriados. A ‘flexibilidade cognitiva’ envolve a capacidade de se envolver e se desligar de diferentes tarefas ou regras. Ela auxilia o pensamento criativo e a capacidade de resolver problemas de maneiras diferentes ou de ver as situações sob perspectivas diferentes. As Funções Executivas se desenvolvem da idade pré-escolar à idade adulta, seguindo a maturação dos circuitos pré-frontais e suas conexões (Bombonato et. al, 2023).

Em um estudo para traçar o perfil das Funções Executivas na AFI, Bombonato e colegas (2023) descobriram que a inibição de resposta e o controle de interferência estavam frequentemente comprometidos no parâmetro de velocidade, sendo este último deficiente ou imaturo em 83,3% da amostra, apesar de não estar frequentemente comprometido no parâmetro de precisão, no qual apenas 30% da amostra teve um desempenho ruim ou imaturo. Isso se soma à literatura que mostra uma desaceleração geral e desempenhos mais lentos em tarefas simples de tempo de reação em crianças com AFI, em comparação com seus pares com desenvolvimento típico. O estudo sugere que, para atingir um nível satisfatório de precisão na supressão de estímulos interferentes, crianças com AFI requerem um tempo de processamento mais longo. Isso pode ajudar a explicar por que

¹⁹ Tehan G, Tolan GA. Word length effects in long-term memory. *J Mem Lang* 2007; 56:35-48.

Martins FC, Ortiz KZ. The relationship between working memory and apraxia of speech. *Arq Neuropsiquiatr* 2009;67: 483-487.

essas crianças requerem prática intensa com inúmeras repetições para atingir seus objetivos de tratamento.

Crianças com AFI podem experienciar uma carga cognitiva aumentada, pois precisam dedicar mais recursos de memória de trabalho para o acesso e articulação das palavras, o que pode sobrecarregar a memória de trabalho, resultando em maior esforço e tempo para produzir fala. O processo de acessar lexicalmente uma palavra e programar seus movimentos motores, como veremos a seguir, pode ser mais demorado, o que pode consequentemente prejudicar a fluência da fala.

5. A AQUISIÇÃO E O ACESSO LEXICAL

Para compreender e produzir linguagem, seja falada ou escrita, é necessário que o indivíduo disponha de uma representação cognitiva das palavras de sua língua. Esse conjunto de informações armazenado na mente é conhecido como memória lexical ou léxico mental, enquanto o acesso lexical refere-se ao processo de recuperação dessas informações. As pesquisas iniciais sobre os mecanismos de acesso lexical focaram principalmente no reconhecimento visual de palavras, e o termo ‘acesso lexical’ foi originalmente criado para esse contexto. Contudo, mais recentemente, o termo tem sido mais frequentemente associado à produção da linguagem do que ao reconhecimento (Taft, 2001).

O processo de busca de uma palavra não é trivial e envolve uma gama de computações. Ademais, se o indivíduo tiver um acometimento de linguagem, as dificuldades aumentam exponencialmente. A dificuldade de busca pode ser um comprometimento de linguagem comum resultante de acidente vascular cerebral no hemisfério esquerdo ou doença neurodegenerativa. Esse é o déficit que mais frequentemente permanece após a recuperação na maioria das afasias. Embora muitos aspectos permaneçam obscuros ou controversos, existe um consenso de que o acesso lexical requer uma série de processos cognitivos que afetam diferentes regiões do cérebro (principalmente o hemisfério esquerdo) em graus variados (Race e Hillis, 2015).

As estratégias empregadas pelo falante ao selecionar palavras apropriadas para diferentes propósitos, a partir de um vasto léxico mental, são intrigantes. Ainda que possamos imaginar o léxico mental como um grande dicionário ou um estoque de itens lexicais – considerando que a relação entre som e significado na linguagem é amplamente arbitrária –, isso não significa que ele seja um mero repositório passivo de conhecimento. Além de armazenar palavras, os falantes também dominam regras de formação lexical, que permitem a construção de novas palavras quando necessário. Essas regras são especialmente úteis quando ocorre uma lacuna na busca lexical, como no caso de uma forma flexionada ou derivada que não tenha sido aprendida ou não possa ser recuperada no momento (Butterworth, 1989, p. 108).

Uma palavra pode ser mais facilmente reconhecida quando outra morfologicamente relacionada foi processada recentemente. Garcia, Maia e França (2012) questionam se as palavras são armazenadas integralmente ou analisadas por seus componentes. Diferentes modelos teóricos

tentam responder a essa questão: enquanto os modelos *top-down* propõem um acesso direto às palavras, as abordagens *bottom-up* enfatizam a segmentação morfológica. Há também as teorias híbridas, que sugerem que palavras familiares são acessadas globalmente, enquanto aquelas desconhecidas passam por uma decomposição. Outros modelos propõem rotas duplas, processamento distinto para formas regulares e irregulares ou um único mecanismo de concatenação morfológica (Garcia; Maia; França, 2012).

Dentre os modelos cognitivos de nomeação, no que se refere aos estágios de processamento, destacam-se o **processamento conceitual** e o **processamento lexical**. O primeiro envolveria a elaboração da representação semântica, que pode começar com o reconhecimento de um estímulo a ser nomeado, processado em uma modalidade de entrada relevante (por exemplo, visual ou auditiva), com a elaboração de representações cada vez mais abstratas até que a representação se torne amodal, ou com um conceito amodal a ser expresso (por exemplo, algo em que posso sentar e me apoiar), que é concretizado em uma representação semântica mais específica (por exemplo, cadeira). O processamento de palavras diz respeito ao acesso a uma representação fonológica ou ortográfica e aos movimentos motores para a produção oral ou escrita (Race e Hillis, 2015, p. 455), o que particularmente nos chama a atenção, pois uma característica da AFI é o erro inconsistente, ou seja, a mesma palavra pode ser produzida corretamente em um momento e incorretamente em outro, como já foi apontado anteriormente. Essa inconsistência pode significar que o acesso lexical é instável, e nem sempre o indivíduo consegue recuperar a palavra, o que pode demonstrar instabilidade na programação. Essas são questões abertas que pretendemos abordar com este estudo.

É essencial refletir sobre a relevância do desenvolvimento fonológico – que ocorre antes mesmo do surgimento das palavras, manifestando-se por meio de gritos, gestos e vocalizações no período pré-linguístico, e sua influência na aquisição lexical. Com o aparecimento das palavras, as vocalizações balbuciadas gradualmente dão lugar à verbalização. Algumas vocalizações, entretanto, atendem aos critérios para serem consideradas palavras, pois apresentam uma relação estável entre som e significado. Nesses casos, a criança cria sua própria forma de palavra, conhecida como *protopalavra*. Por exemplo, uma criança pode usar a forma “tetê” para se referir a “chupeta”. Para que uma forma seja considerada uma palavra, ela deve estar sistematicamente associada a um contexto. Geralmente, presume-se que essa forma terá alguma semelhança com o

alvo, seja no formato silábico ou no padrão segmentar. Em muitos casos, as formas produzidas pela criança diferem significativamente das formas adultas, mas é possível identificar padrões de correspondência entre ambas. Por exemplo, a forma “tetê” para o alvo “chupeta” pode ser aceita se for usada de maneira consistente em contextos apropriados, como ao pedir ou identificar uma chupeta, e se mantiver relativa estabilidade.

Os bebês nascem com a capacidade biológica de compreender e produzir a fala, e as interações sociais entre os bebês e os seus cuidadores criam um mundo em que a linguagem se torna o principal meio de comunicação. Ao final do primeiro ano, os bebês com desenvolvimento típico são capazes de produzir algumas palavras; essas primeiras palavras muitas vezes se assemelham a vocalizações pré-linguísticas e sem significado, como [papa] ou [mama], que podem ganhar status de palavra ao associar o som ao significado. Por volta dos 2 anos de idade, as crianças têm um vocabulário produtivo de 400 palavras e, entre 2 anos e meio e 3 anos, o seu vocabulário produtivo aumenta para cerca de 900 palavras. Por volta dos 5 anos de idade, as crianças têm um vocabulário de mais ou menos 1.900 palavras e já adquiriram a maioria das construções de sua língua materna. Além disso, foi documentado que diferenças ambientais e educacionais associadas à classe social impactam o tamanho do vocabulário (Grolla e Silva, 2014; Stoel-Gammon, 2010).

Quadro 1 - GROLLA e SILVA (2022, p. 69).

Idade	Produção infantil
Primeiros meses	<ul style="list-style-type: none"> • as crianças choram e emitem os primeiros sons; • são capazes de distinguir línguas de grupos rítmicos diferentes;
6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • as crianças balbuciam várias sílabas diferentes e repetidas;
10 meses	<ul style="list-style-type: none"> • o balbucio infantil se restringe aos sons que ouvem; • as crianças começam a emparelhar som e significado;

1 ano	<ul style="list-style-type: none"> • decresce a capacidade das crianças de discriminar sons de línguas diferentes de sua língua materna; • produção das primeiras palavras, que valem por frases;
1 ano e 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • começam a produzir duas palavras com contorno frasal; • conhecem a ordem das palavras da sua língua materna;
Entre 2 e 3 anos	<ul style="list-style-type: none"> • o vocabulário passa de 400 para 900 palavras; • a fase das sobregeneralizações ('eu sabo', 'eu trazi');
Mais de 3 anos	<ul style="list-style-type: none"> • vocabulário já tem 1.200 palavras; • as sentenças produzidas já possuem preposições, artigos e outras palavras gramaticais; • estruturas complexas, como orações relativas e clivadas, são produzidas.

Pesquisas longitudinais mostram que a taxa de crescimento do vocabulário acelera significativamente após os 6 meses. Vários fatores foram propostos para o aumento do vocabulário, tais como: mudanças cognitivas relacionadas à compreensão do bebê sobre a permanência do objeto, capacidade de representar objetos simbolicamente, capacidade de formar categorias de objetos e mudanças na memória lexical e/ou habilidades articulatórias. Alguns pesquisadores observaram que há um aumento significativo no crescimento do vocabulário por volta de 1;6 a 1;8 anos (Stoel-Gammon, 2010) e esse vocabulário é composto, em grande parte, de substantivos comuns. Comumente, essas palavras são adquiridas no contexto de rotulagem e/ou solicitação de objetos, pois os adultos tendem a fornecer rótulos para objetos com mais frequência do que para ações (Goldfield, 1993), e é claro que a frequência do *input* tem um papel fundamental na

aquisição, pois quanto mais frequentemente as crianças ouvem uma palavra, mais rápido ela se tornará parte do seu vocabulário produtivo. A classe social tende a ser também importante na aquisição de vocabulário – as crianças de famílias com status econômico mais elevado costumam apresentar maior vocabulário do que as crianças de famílias com status econômico mais baixo, algo que está presumivelmente ligado ao tempo que os pais dedicam conversando com seus filhos (Hoff, 2003).

As questões de acesso lexical na AFI são significativas e multifacetadas, exigindo investigação contínua para melhor compreender e abordar o transtorno. As crianças com AFI podem recuperar a palavra correta do léxico, mas falham em organizar os sons de maneira adequada para a produção fluente e precisa da fala. A necessidade de repetidos ajustes nos comandos motores durante a tentativa de articular a palavra gera uma interrupção no processo fluente de produção de palavras.

Como já se sabe, na AFI há uma deficiência motora nítida. Tanto as crianças na fase pré-linguística como as mais velhas vocalizam menos e com menos complexidade devido à incapacidade de planejar gestos articulatórios complexos. No entanto, o fato dessas crianças terem um repertório vocabular pequeno em relação a seus pares neurotípicos não é prova de uma relação entre a habilidade de fala e o tamanho do léxico, uma vez que o seu vocabulário de pequena produção provavelmente resulta, pelo menos em grande parte, da sua incapacidade de produzir palavras reconhecíveis de forma precisa.

Há evidências de que o transtorno envolve tanto componentes cognitivo-linguísticos quanto de planejamento motor. Isso é observado, em particular, quando crianças com AFI apresentam outros déficits linguísticos de ordem superior, os quais dependem de representações fonológicas bem estabelecidas. Esses déficits incluem percepção reduzida e dificuldades na produção de vogais, sílabas, rimas e sequências de fonemas – especialmente em pseudopalavras. A natureza desses comprometimentos sugere que as representações fonêmicas nessas crianças são empobrecidas. Com base nas evidências apresentadas por Stoel-Gammon, pode-se hipotetizar que os vocabulários limitados, decorrentes das dificuldades motoras características da AFI, exercem um impacto significativo nos aspectos cognitivo-linguísticos relacionados à fonologia (Velleman, 2011, p. 83).

Não há nenhuma conexão conhecida entre AFI como um transtorno motor da fala e esses outros aspectos do desenvolvimento linguístico, exceto os efeitos em espiral da diminuição da produção hipotetizados por outros e resumidos por Stoel-Gammon: dificuldades articulatórias resultam em menos vocalizações, o que reduz as oportunidades tanto para a prática quanto para o feedback, que por sua vez diminui a habilidade, a motivação e a aprendizagem lexical da criança. A diminuição da aprendizagem lexical, por sua vez, pode impactar o desenvolvimento de outros aspectos da fonologia, incluindo habilidades relacionadas à alfabetização de ordem superior e, possivelmente, também a outros componentes do sistema linguístico.

6. EXPERIMENTOS

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os três experimentos realizados e suas metodologias.

O objetivo geral deste estudo foi pesquisar a relação entre a memória de trabalho e a AFI, mais precisamente as habilidades das crianças apráxicas na referida função executiva e seu desempenho. Após um “mergulho teórico” sobre conceitos importantes para a compreensão do problema em questão, foi realizada uma análise de dados de forma a verificar as associações entre a produção e o desempenho da memória. Para tanto, este estudo adotou uma pesquisa de base experimental com uma metodologia encaminhada sob o viés da Neurociência da Linguagem e da Psicolinguística. Os testes aqui utilizados, aprovados pela PLATAFORMA BRASIL (número 68122923.4.0000.5264), foram criados especificamente para este estudo pela pesquisadora responsável e poderão servir como desdobramento para um estudo posterior.

Como já foi apontado anteriormente, quanto maior a palavra, mais comandos motores o cérebro precisa enviar para coordenar os músculos e articulações do sistema de produção de fala. Nossa hipótese é que as crianças apráxicas apresentam um déficit de memória de trabalho e, consequentemente, uma lentificação no processamento de informações. Os experimentos foram gravados de maneira *on-line* e analisados *off-line*. A distribuição dos estímulos foi do tipo *within-subjects*, de modo que todos os participantes tiveram acesso aos mesmos materiais experimentais, não aos mesmos itens.

Com base no “modelo de produção de palavras” (WPM), de Indefrey (2004) e Levelt (1999), foram realizados três testes em crianças apráxicas e crianças neurotípicas (grupo controle), com sexo e idade pareados: (i) Teste de escolha, com o objetivo de verificar se há, de fato, problema de memória de trabalho conforme o tamanho da palavra; (ii) Teste de produção, com o objetivo de verificar se há um tempo de reação mais elevado para palavras com três sílabas (condição **c**) em comparação com palavras de uma ou duas sílabas (condições **a** e **b**) e (iii) Teste de expectativa, a fim de verificar nível de criatividade linguística. Para a realização dos testes, consideramos um vocabulário que fosse amplamente conhecido e que fizesse parte do universo da faixa etária dos indivíduos envolvidos.

Todos os estímulos foram realizados via apresentação em *MS PowerPoint*. A criança era posicionada frente a uma tela de computador (notebook compaq presario 420 intel pentium-n3700 4gb 120gb w10 14,1") para responder aos testes. A escolha pelo programa MS PowerPoint justificase, uma vez que se trata de uma ferramenta de simples acesso, amplamente disponível em computadores pessoais e institucionais, facilitando uma eventual substituição do equipamento, sem comprometer a continuidade da coleta de dados. A escolha do software pela simplicidade de uso e substituição implicou que o controle dos tempos de resposta fosse feito através de uma rotina manual, bastante laboriosa, mas que por ser empreendida *offline*, não onerou nossos participantes que poderiam ter questões com longas esperas e muita manipulação durante os testes. Assim, fizemos uma computação da cronologia através de uma rotina manual, embora tenhamos desenvolvido procedimentos bem controlados e bastante exatos, como descrevemos a seguir.

O desempenho dos participantes foi registrado por meio de uma câmera acoplada a um tripé posicionada a um ângulo de 45° do monitor, imediatamente atrás da cabeça do participante. Essa disposição permitia a gravação de toda a tarefa de forma estável e discreta, sem gravarmos o rosto dos participantes, mas com total controle da interação que os participantes tinham com os estímulos no monitor. Tínhamos também visão clara dos estímulos e de todos os sons durante o teste.

Mediante a gravação da participação de cada participante em pequenos vídeos separados, a cronometragem precisa das respostas foi computada pelo software © Movavi.com, acessível em: https://www.movavi.com/pt/videoeditor/?asrc=main_menu_all#main. O software fez uma separação do vídeo quadro a quadro a uma taxa ajustada para 1 ms. Isso foi feito e dessa forma o movavi, entregou como resultado uma fila de quadros distantes um do outro por 1ms. Em seguida, começava a navegação quadro a quadro. Com os comandos Quadro Anterior (⏮←) e Próximo Quadro (⏭→) achávamos o ponto exato ou o quadro exato que considerávamos ser o final do estímulo. Por exemplo, no Teste 1 o participante tinha que apontar para uma figura no vídeo. O fim do estímulo auditivo era o ponto zero. Com esta marcação adiantávamos os quadros até o momento que identificávamos que o gesto de apontar chegava ao seu objetivo. Ali marcávamos o quadro final. Anotávamos quantos quadros estavam entre esses dois pontos em uma tabela que correspondia à medida em milissegundos de cada resposta. Esse procedimento foi feito por mim e depois por uma ajudante de pesquisa para conferirmos os dados cronológicos da tabela. Quando havia discordância voltávamos aos quadros.

6.1 Participantes

Participaram destes experimentos 13 crianças com AFI (2 meninas e 11 meninos) e 13 crianças neurotípicas (grupo controle), todas voluntárias, entre 3 (três) e 11 (onze) anos de idade, com sexo e idade pareados. É importante notar que a prevalência do sexo masculino dentre os participantes com AFI, corresponde à previsão da ASHA (2017) e também um padrão recorrente na literatura, que aponta maior prevalência do transtorno no sexo masculino. Todos os informantes tiveram sua identidade protegida por meio de um código – F = feminino e M = masculino

As crianças neuroatípicas foram testadas nos mesmos consultórios onde suas intervenções de terapia fonoaudiológica acontecem, e as neurotípicas nas escolas onde estudam. As fonoaudiólogas responsáveis pelo diagnóstico e acompanhamento das crianças envolvidas avaliaram-nas por 6 meses, em média, antes do diagnóstico final de AFI. Todos os responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pelo Comitê de Ética.

6.2 Teste 1

Como já explicamos na Introdução, no dia a dia, a criança com AFI apresenta tanto a falta de atenção quanto a diminuição do controle inibitório. Mas a atenção e o controle inibitório trabalham juntos, uma vez que os processos inibitórios são importantes na redução de distrações ou estímulos irrelevantes? Caracterizar melhor a dinâmica desse sistema é um dos objetivos desta tese.

O Teste 1 explorou a correspondência entre áudio de palavra e imagem salvaguardada por processos mnemônicos. O objetivo do teste era detectar o tempo de latência até a identificação da figura e a acurácia no acesso lexical que levava à identificação de palavras em três tamanhos: curtas (1 sílaba) como em ‘pé’; médias (2 ou 3 sílabas) como em ‘casa’; e longa (4 ou 5 sílabas) como em ‘chocolate’. Ou seja, o experimento tinha como variáveis independentes os três tamanhos das palavras e como variáveis dependentes o tempo de resposta em milissegundos e a acurácia das respostas em valores binários (certo ou errado).

Para a seleção das palavras utilizadas, foram utilizadas as cartas da ABRAPRAXIA (disponíveis em: <https://apraxiabrasil.org/produto/doe-r-6000-e-ganhe-os-cards-palavras-alvo/>), desenvolvidas especificamente para o trabalho terapêutico com crianças com AFI. A escolha por

1	oi	9	bebê	17	boneca
2	sol	10	vovó	18	banana
3	gol	11	dado	19	pipoca
4	pão	12	lata	20	orelha
5	não	13	bombom	21	tomate
6	mão	14	faca	22	salada
7	lua ²⁰	15	mamão	23	macaco
8	boi	16	chulé	24	cavalo

Tabela 1 - Estímulos do experimento 1

6.3 Teste 2

Na sequência do Teste 1, os participantes permaneciam sentados de frente para o computador para o Teste 2, cujo objetivo era flagrar limites de memória de trabalho das crianças com AFI cruzando essa informação com o tamanho da palavra. Os participantes ouviam uma palavra e deveriam repeti-la, porém só poderiam fazer isso depois de ouvir um sinal sonoro que aparecia após uma das três latências: 1500, 3000, 5000ms.

A hipótese que subjaz a esse experimento é a de que as crianças apráxicas apresentam um déficit de memória de trabalho, e também têm problemas com controle inibitório, portanto a espera em silêncio até o sinal sonoro para poder pronunciar a palavra poderia dificultar a tarefa, pois o processamento motor teria que ficar guardado no cérebro até poder ser executado. A expectativa é que a espera de 5000ms seria a mais difícil para o grupo de crianças com AFI, mas poderia não trazer obstáculos para as crianças neurotípicas. As variáveis independentes foram palavras com 1 sílaba, com 2 sílabas, com 3 sílabas e o tempo do SOA (*stimulus onset asynchrony*): 1500ms, 3000ms e 5000ms. As variáveis dependentes são o tempo médio de resposta após o bipe, organizadas como os estímulos, como nos exemplos na Tabela 2 abaixo:

Sílabas \ SOA	1500ms	3000ms	5000ms
1	oi	não	tchau

²⁰ A palavra *lua* foi, inadvertidamente, classificada como monossílaba. Apesar disso, optou-se por manter o estímulo na análise, considerando sua relevância e o impacto mínimo do erro.

2	ovo	chuva	boca
3	tapete	sorvete	chocolate

Tabela 2 - Estímulos do experimento 2

Durante todo o curso do Teste 2, o desempenho do participante era gravado, de modo que as latências correspondentes à identificação da gravura, bem como a acurácia das respostas, pudessem ser capturadas. A apresentação dos estímulos era feita pelo programa MS PowerPoint.

Segue o esquema com a cronologia do experimento:

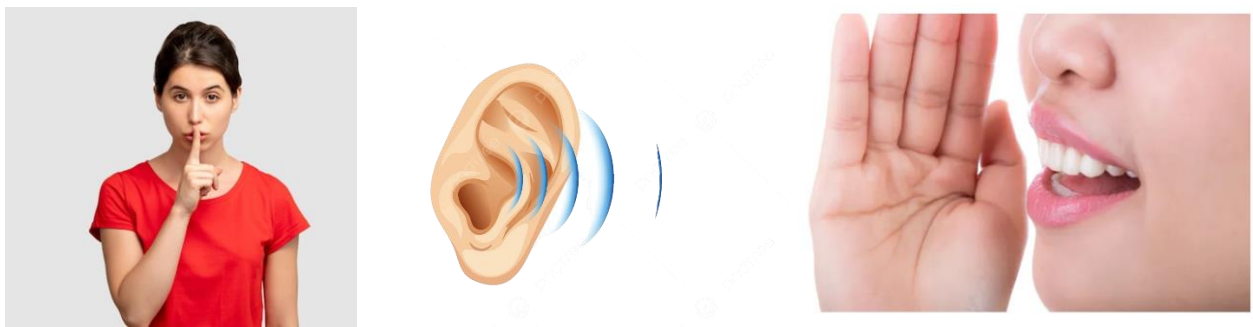


Figura 12 - Exemplo do Experimento 2

Inicialmente a criança recebia a instrução para ficar em silêncio e aguardar até ouvir um *beep* para, só então, repetir a palavra que tinha ouvido. Após o bipe, aparecia uma imagem que servia de incentivo para que ele/a então repetisse a palavra.

6.4 Teste 3

O teste 3 tinha como objetivo observar uma das características mais salientes da linguagem humana: a criatividade. Até que ponto essas interrupções no fluxo da fala da criança com AFI afetam a criatividade? A ajuda contextual é importante ou atrapalha as crianças com AFI?

Na sequência, no Teste 3 projetavam-se filminhos, também controlados pela plataforma do MS PowerPoint. Havia uma narração no fundo em que a última palavra estava cortada. Só se ouvia a primeira sílaba. O teste apresentava duas condições: na primeira condição o filminho dava um contexto que ajudava bastante na forma de completar a frase. Na segunda condição, o contexto era neutro e a forma de completar a frase dependia da criatividade e do acesso mais livre às palavras na mente. O teste foi conduzido com o intuito de checar o nível de absorção do contexto (Figuras

10 e 13) e também de criatividade linguística (Figuras 11 e 12) quando o contexto era neutro. Por exemplo, no filminho 1 abaixo, ao falarmos de um menino em um barco no rio, o fragmento “quando de repente apareceu um ja...” remete diretamente à palavra *jacaré*. Porém, no caso do menino que está andando em uma rua, no fragmento “quando de repente apareceu um ja...” o participante depende da criatividade linguística para completar a frase com alguma palavra do gênero masculino “um já...”. Por exemplo, poderia ser “um jacaré, um japonês, um jarro, um jaguar, um jacu, um jambo.” Como *jacaré* seria a palavra mais frequente das possibilidades, esperava-se que as duas sentenças apresentassem *jacaré* como resposta, mas não o mesmo tempo de resposta. Para aqueles que não viram a situação com o apoio pragmático, a escolha poderia demorar mais tempo, pois recuperar a palavra mais frequente, em tese *jacaré*, depende da criatividade também da memória para manter o *já* e o gênero masculino na mente, durante a procura. Distribuímos os estímulos pelo quadrado latino e, assim, a metade dos participantes ouviu as frases 1 e 2 e a outra metade, as frases 3 e 4.

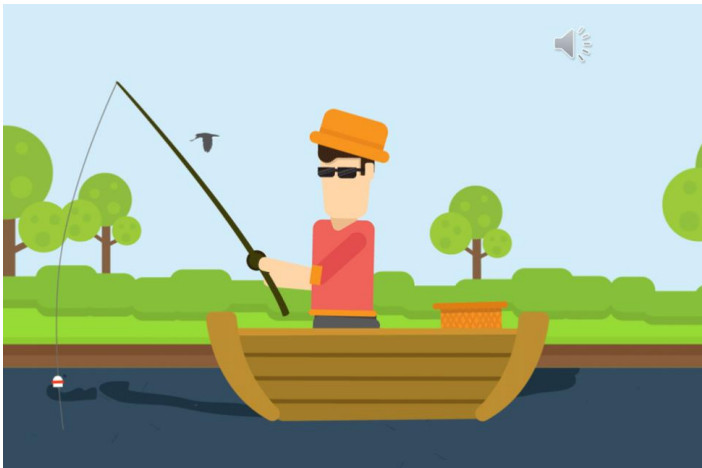


Figura 13 - Experimento 3 (história com apoio pragmático)

Frase 1 - Narração com apoio pragmático: “João foi andar de barco no rio. Ele estava lá pescando quando de repente apareceu um ja...”

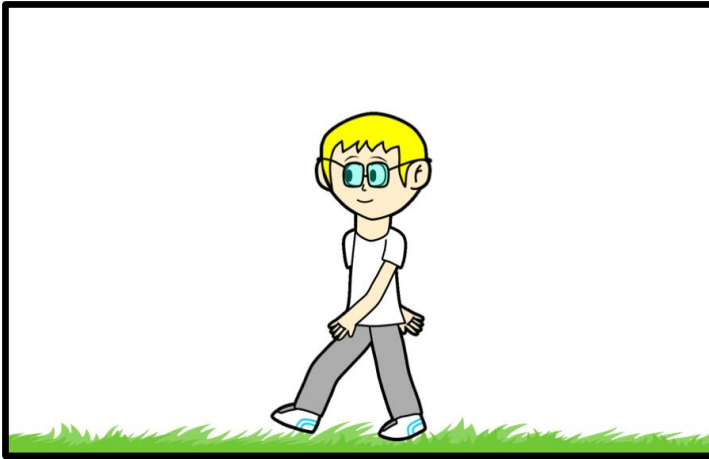


Figura 104 - Experimento 3 (história sem apoio pragmático)

Frase 2_Narração sem apoio pragmático: “Antes de sair para ir ao parquinho, Felipe voltou para pegar o seu ca...

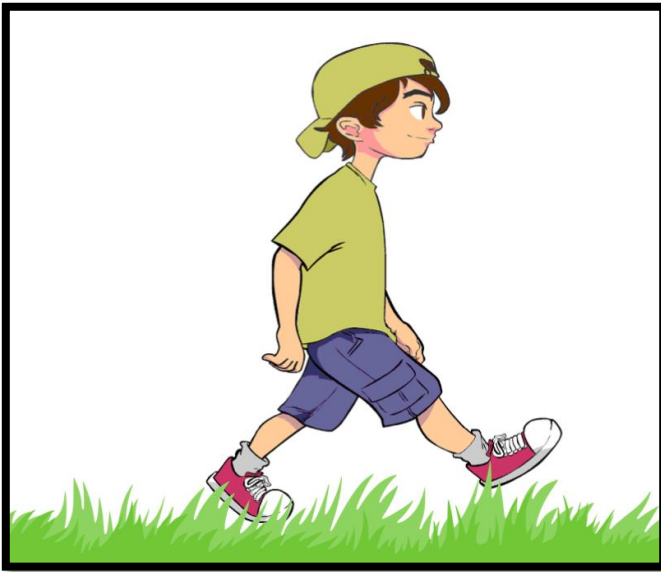


Figura 15 - Experimento 3 (história sem apoio pragmático)

Frase 3_ Narração sem apoio pragmático: “João estava andando tranquilamente, pensando na vida, quando de repente apareceu um ja....



Figura 116 - Experimento 3 (história com apoio pragmático)

Frase 4_ Narração com apoio pragmático: Felipe pediu à mamãe para levá-lo ao parquinho. Ao sair, perceberam que estava muito frio. Mamãe então disse: “Felipe, meu filho, vá buscar o seu ca...”

6.5 Resultados

Para a análise estatística dos três testes experimentais, foi utilizada a ferramenta gratuita Jamovi (www.jamovi.org²¹). Como havia apenas duas crianças do sexo feminino, o gênero não foi um fator relevante nesta análise.

6.5.1 Teste 1

Para a análise do Teste 1, foram consideradas como variáveis preditoras a neurotipicidade (AFI ou GC), o desempenho (acerto ou erro), o tamanho da palavra (1, 2 ou 3 sílabas) e a idade. A variável dependente foi o tempo de produção (em milissegundos) e a acurácia.

²¹ The Jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.

R Core Team (2024). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.4) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07).

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
N	1	1	0	17
			1	87
		2	0	21
			1	83
		3	0	17
			1	87
	2	1	0	3
			1	101
		2	0	6
			1	98
		3	0	2
			1	102
Mean	1	1	0	4397

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
			1	3366
		2	0	4507
			1	3579
		3	0	3665
			1	3732
	2	1	0	3087
			1	1703
		2	0	3924
			1	1835
		3	0	1864
			1	1514
Standard	1	1	0	3630
deviation			1	2197

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
		2	0	3003
			1	2610
		3	0	1891
			1	3218
	2	1	0	923
			1	654
		2	0	2975
			1	1055
		3	0	613
			1	725
Shapiro-Wilk W	1	1	0	0.675
			1	0.693
		2	0	0.658

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
			1	0.735
		3	0	0.839
			1	0.699
	2	1	0	0.834
			1	0.781
		2	0	0.881
			1	0.667
		3	0	NaN
			1	0.666
Shapiro-Wilk p	1	1	0	<.001
			1	<.001
		2	0	<.001
			1	<.001

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
2		3	0	0.007
			1	<.001
		1	0	0.199
			1	<.001
		2	0	0.273
			1	<.001
		3	0	NaN
			1	<.001

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
N	1	1	0	17
			1	87
		2	0	21
			1	83
		3	0	17
			1	87
	2	1	0	3
			1	101
		2	0	6
			1	98
		3	0	2
			1	102
Mean	1	1	0	4397

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
			1	3366
		2	0	4507
			1	3579
		3	0	3665
			1	3732
	2	1	0	3087
			1	1703
		2	0	3924
			1	1835
		3	0	1864
			1	1514
Standard	1	1	0	3630
deviation			1	2197

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
		2	0	3003
			1	2610
		3	0	1891
			1	3218
	2	1	0	923
			1	654
		2	0	2975
			1	1055
		3	0	613
			1	725
Shapiro-Wilk p	1	1	0	<.001
			1	<.001
		2	0	<.001

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	acerto (1) ou erro (0)	tempo de producao (em ms)
			1	<.001
		3	0	0.007
			1	<.001
	2	1	0	0.199
			1	<.001
		2	0	0.273
			1	<.001
		3	0	NaN
			1	<.001

Tabela 3 - Análise descritiva - teste 1

A média geral do tempo de produção foi de 2.701 ms (DP = 2.269 ms), com idades variando em torno de 6,31 anos (DP = 2,53). Os tempos de produção foram consistentemente mais altos no grupo AFI, em todas as condições de análise (acerto/erro e tamanho da palavra).

O teste de Shapiro-Wilk revelou que os dados de tempo de produção não seguem distribuição normal, tanto na comparação entre os grupos ($W = 0,657$, $p < 0,001$) quanto entre os diferentes tamanhos de palavras ($W = 0,657$, $p < 0,001$). Diante disso, houve a necessidade de complementar as análises com testes não paramétricos.

Normality Test (Shapiro-Wilk)

				W	p
tempo de producao (em ms)	-	AFI (1) ou GC (2)		0.657	<.001
tempo de producao (em ms)	-	tamanho da palavra (1,2,3 sil)		0.657	<.001

Note. A low p-value suggests a violation of the assumption of normality

	df	F	p
AFI (1) ou GC (2)	1	187.7	<.001
idade	7	16.3	<.001
AFI (1) ou GC (2) * idade	7	14.9	<.001
Residuals	608		

Tabela 4 - ANOVA para tempo de produção

A análise de variância (ANOVA) para o tempo de produção revelou diferenças estatisticamente significativas. Observou-se um efeito principal do grupo (AFI vs. GC), indicando que o tipo de estímulo influenciou o tempo de produção de forma significativa ($F(1, 608) = 187,7$, $p < 0,001$). Além disso, houve uma interação significativa entre grupo e idade ($F(7, 608) = 14,9$, $p < 0,001$), sugerindo que o efeito do tipo de estímulo sobre o tempo de produção variou de acordo com a idade dos participantes.

Paired Samples T-Test

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²
1	0.444	0.198

Note. Models estimated using sample size of N=624

Model Coefficients - tempo de producao (em ms)

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept ^a	4067.9	329.0	12.3640	<.001
idade	42.8	32.8	1.3058	0.192
AFI (1) ou GC (2):				
2 – 1	-1810.1	168.3	-10.7551	<.001
acerto (1) ou erro (0):				
1 – 0	-878.1	277.2	-3.1684	0.002
tamanho da palavra (1,2,3 sil):				
2 – 1	192.0	200.7	0.9568	0.339
3 – 1	-13.9	200.5	-0.0695	0.945

^a Represents reference level

Tabela 5 - Modelo de Regressão Linear

A regressão linear foi utilizada para identificar quais variáveis previam significativamente o tempo de produção. O modelo apresentou um $R^2 = 0,198$, indicando que cerca de 20% da variação no tempo de produção é explicada pelas variáveis inseridas.

Os coeficientes estimados foram os seguintes:

Intercepto: $\beta = 4067,9$, $p < 0,001$

Grupo (GC em relação ao AFI): $\beta = -1810,1$, $p < 0,001$

Acerto (em relação ao erro): $\beta = -878,1$, $p = 0,002$

Idade: $\beta = 42,8$, $p = 0,192$

Tamanho da palavra (2 sílabas vs. 1): $\beta = 192,0$, $p = 0,339$

Tamanho da palavra (3 sílabas vs. 1): $\beta = -13,9$, $p = 0,945$

Os resultados indicam que o tempo de produção é significativamente maior no grupo AFI, possivelmente devido a dificuldades motoras e na programação da fala. Além disso, os erros aumentaram significativamente o tempo de resposta, sugerindo que a recuperação lexical ou a articulação pode ser mais exigente nesses casos.

No GC o tempo de produção reduziu significativamente em aproximadamente 1.810 ms, e que respostas corretas são produzidas mais rapidamente que erros, em média 878 ms a menos. Por outro lado, nem a idade nem o tamanho da palavra foram preditores significativos, apesar de a idade ter se mostrado significativa na ANOVA.

Paired Samples T-Test

	Parâmetro	Teste H	Statistic	df	p
Tempo de producao (em ms)	AFI (1) ou GC (2)	Student's t	29.7	623	<.001
		Wilcoxon W	195000		<.001
	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	Student's t	29.7	623	<.001
		Wilcoxon W	195000		<.001

Note. $H_a \mu_{\text{Measure 1}} - \mu_{\text{Measure 2}} \neq 0$

0

Os testes pareados (Student's t e Wilcoxon) confirmaram as diferenças estatisticamente significativas entre os grupos e entre os diferentes tamanhos de palavras ($t = 29,7$; $p < 0,001$; $W = 195000$; $p < 0,001$).

Como é possível observar a seguir, de maneira geral, houve diferença estatística no tempo de produção entre palavras de diferentes tamanhos dentro do grupo AFI, mas essa diferença não pode ser atribuída diretamente ao número de sílabas, uma vez que o modelo de regressão linear não confirmou efeitos significativos entre palavras de 1, 2 e 3 sílabas.

Paired Samples T-Test

						statistic	df	p
tempo de producao (em ms)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	Student's t	23.6	311	<.001			

Note. $H_a \mu_{\text{Measure 1}} - \mu_{\text{Measure 2}} \neq 0$

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²
1	0.0365	0.00133

Note. Models estimated using sample size of N=312

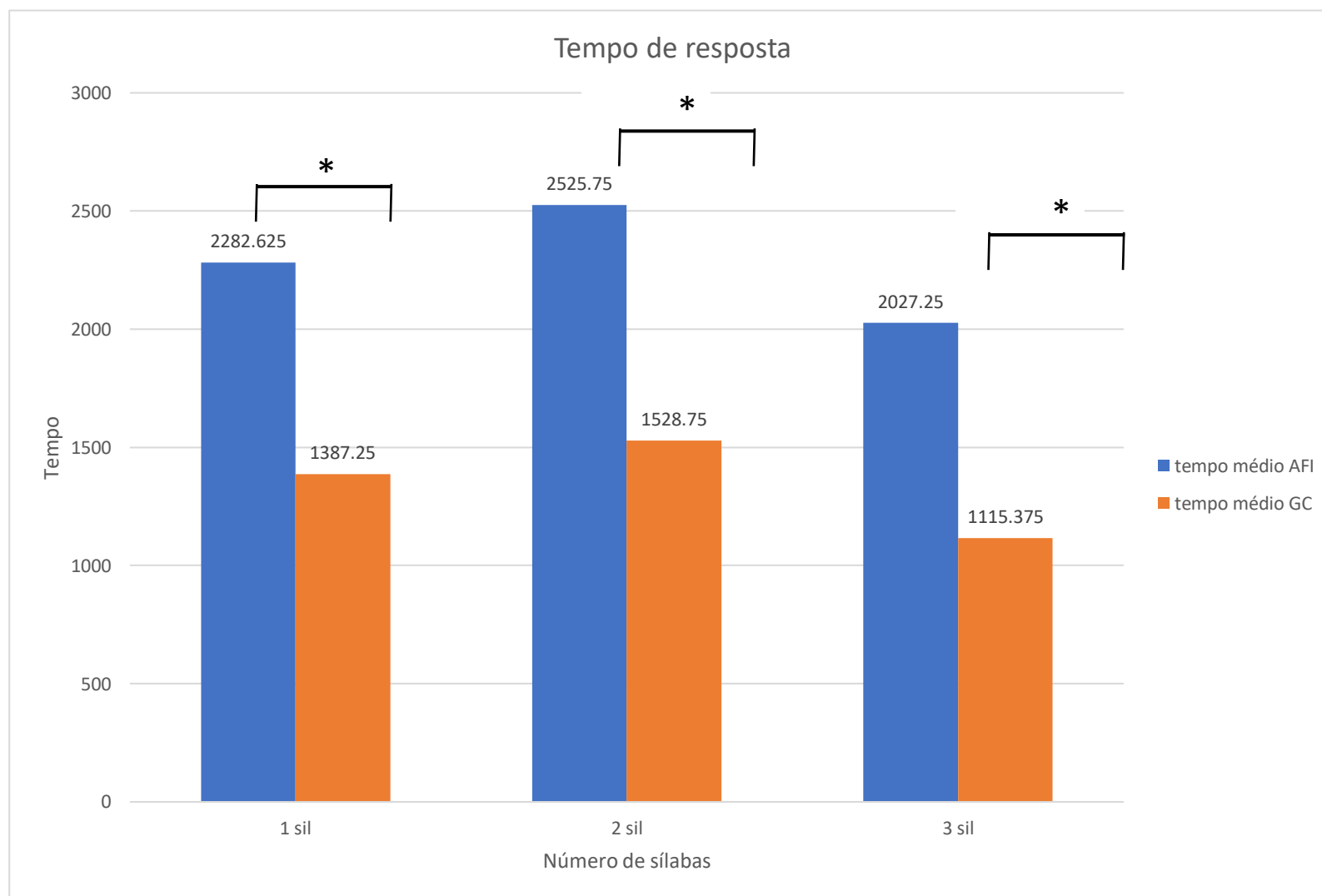
Model Coefficients - tempo de producao (em ms)

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept ^a	3535	270	13.094	<.001
tamanho da palavra (1,2,3 sil):				
2 – 1	231	382	0.606	0.545
3 – 1	186	382	0.488	0.626

^a Represents reference level

O teste *t* pareado encontrou uma diferença estatisticamente significativa geral entre os tempos de produção das palavras de tamanhos diferentes ($p < .001$). A regressão linear, entretanto, não encontrou diferenças significativas entre palavras de 1, 2 e 3 sílabas quando olhamos

diretamente para os coeficientes ($p > 0.5$ para ambas comparações). O R^2 muito baixo indica que o tamanho da palavra não explica praticamente nada da variação no tempo de produção.

*Gráfico 1*

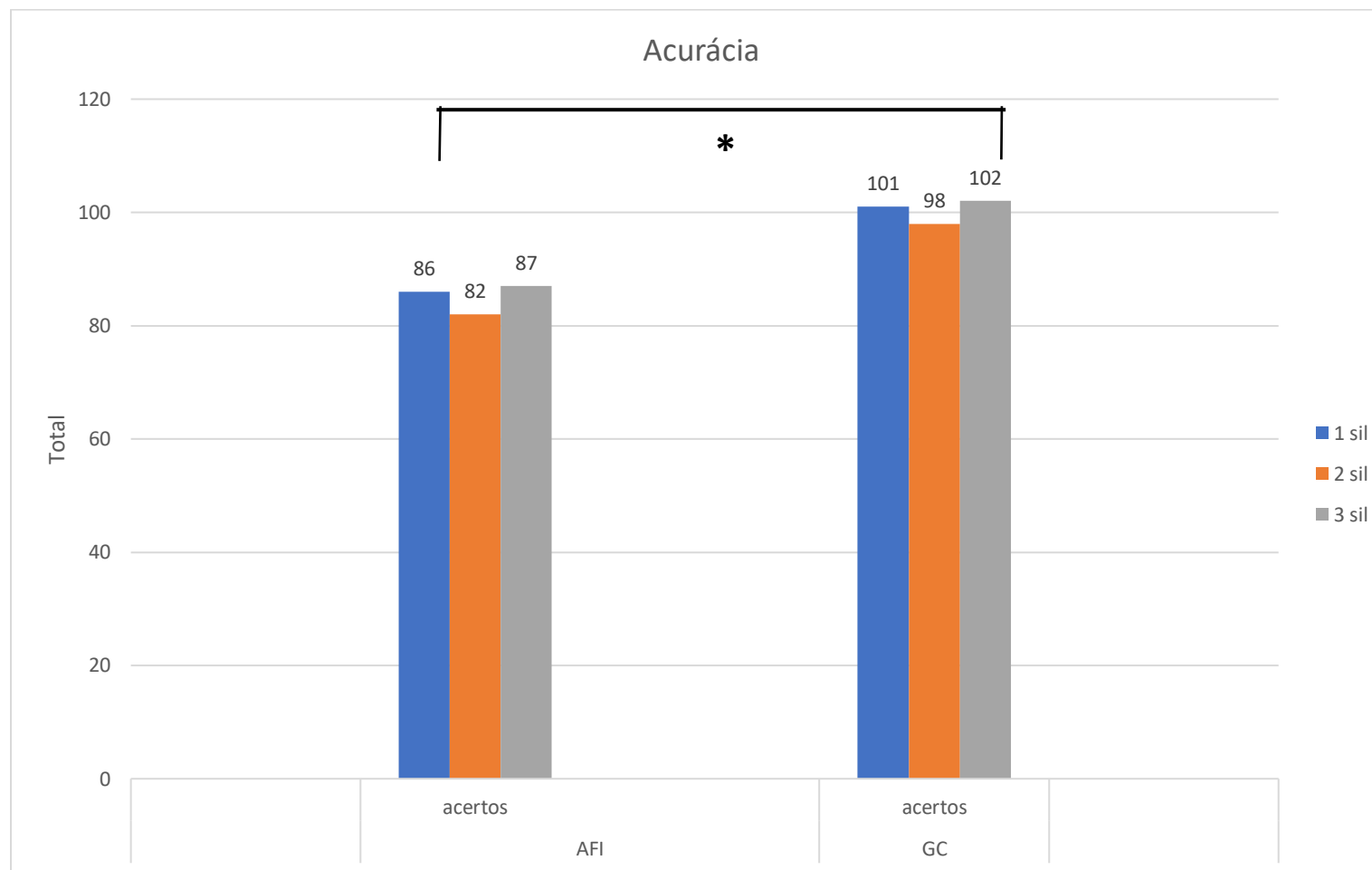


Gráfico 2

O gráfico de tempo médio (gráfico 1) mostra que os participantes do GC foram mais rápidos para processar palavras do que o grupo AFI em todos os níveis de complexidade silábica (1, 2 e 3 sílabas). Esse efeito foi estatisticamente significativo para os dois grupos, como indicado pelos asteriscos nos gráficos. Esse padrão confirma que a neurotipicidade influencia o tempo de compreensão, possivelmente devido a diferenças no acesso lexical e motor.

O gráfico de acurácia (gráfico 2) indica que o número de acertos foi consistentemente superior para o GC em comparação ao AFI, independentemente do número de sílabas. Apesar de ambos os grupos apresentarem desempenhos altos, o desempenho do GC se destacou, sugerindo que palavras de maior familiaridade foram mais facilmente identificadas nas imagens correspondentes.

6.5.2 Teste 2

O teste 2 teve como objetivo analisar a latência em diferentes condições, considerando variáveis como grupo (AFI ou GC), tamanho da palavra (1, 2 ou 3 sílabas) e tempo de espera do estímulo (1500 ms, 3000 ms e 5000 ms). Para isso, foram realizadas análises descritivas, testes de comparação entre grupos e modelagem estatística por regressão linear.

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	tempo em ms	Latência
Mean	1	1	1500	1430
			3000	1581
			5000	1357
		2	1500	1544
			3000	2115
			5000	1382
		3	1500	1682
			3000	1545
			5000	1333
	2	1	1500	1119
			3000	877
			5000	887
		2	1500	1091
			3000	958

Descriptives

		AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	tempo em ms	Latência
Standard deviation	1	3		5000	840
				1500	1072
				3000	961
				5000	934
		1		1500	464
				3000	701
	2	1		5000	438
			2	1500	535
				3000	1842
		3		5000	408
				1500	800
				3000	855
	2	1		5000	523
				1500	622

Descriptives

		AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	tempo em ms	Latência
Shapiro-Wilk W	1		2	3000	380
				5000	404
				1500	580
			3	3000	443
				5000	407
				1500	471
			1	3000	359
				5000	432
				1500	0.987
			2	3000	0.748
				5000	0.926
				1500	0.941
	1	3000	0.742		
		5000	0.931		

Descriptives

	AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	tempo em ms	Latência
		3	1500	0.880
			3000	0.786
			5000	0.965
	2	1	1500	0.840
			3000	0.877
			5000	0.955
		2	1500	0.932
			3000	0.952
			5000	0.950
		3	1500	0.942
			3000	0.972
			5000	0.921
Shapiro-Wilk p	1	1	1500	0.998
			3000	0.002

Descriptives

AFI (1) ou GC (2)		tamanho da palavra (1,2,3 sil)	tempo em ms	Latência
2	2		5000	0.301
			1500	0.467
			3000	0.002
	3		5000	0.351
			1500	0.071
			3000	0.005
	1		5000	0.832
			1500	0.022
			3000	0.064
	2		5000	0.683
			1500	0.363
			3000	0.629
	3		5000	0.591
			1500	0.477

Descriptives

AFI (1) ou GC (2)	tamanho da palavra (1,2,3 sil)	tempo em ms	Latência
		3000	0.912
		5000	0.258

Tabela 6 - Análise descritiva - teste 2

O grupo AFI apresentou tempos de latência mais altos em todas as condições. O GC, por outro lado, teve tempos significativamente mais baixos e mais consistentes. A idade média dos participantes foi 6,31 anos com desvio padrão de 2,53 anos.

Descriptives

	tempo de produção (em ms)	idade
N	627	624
Mean	2701	6.31
Standard deviation	2269	2.53

Em várias condições (especialmente no grupo AFI com 1500ms), dos dados violaram o pressuposto de normalidade ($p < 0,05$), justificando o uso de testes não paramétricos como a ANOVA e o de Wilcoxon.

ANOVA - Latência

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
AFI (1) ou GC (2)	1.98e+7	1	1.98e+7	42.789	<.001
tempo em ms	2.28e+6	2	1.14e+6	2.468	0.087
tamanho da palavra (1,2,3 sil)	507389	2	253694	0.549	0.578
AFI (1) ou GC (2) * tempo em ms	1.60e+6	2	802383	1.736	0.179
AFI (1) ou GC (2) * tamanho da palavra (1,2,3 sil)	555872	2	277936	0.601	0.549
tempo em ms * tamanho da palavra (1,2,3 sil)	1.16e+6	4	290518	0.629	0.643

ANOVA - Latência

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
AFI (1)	992047	4	248012	0.537	0.709
ou GC (2)					
* tempo					
em ms *					
tamanho					
da					
palavra					
(1,2,3 sil)					
Residuals	9.98e+7	216	462075		

Tabela 7 - ANOVA (latência) - teste 2

A análise de variância (ANOVA) realizada para a variável latência revelou um efeito principal significativo do fator grupo (AFI vs. GC), indicando que os grupos diferem em termos de latência ($F(1, 216) = 42,789$, $p < .001$). Para o fator tempo de apresentação, observou-se uma tendência à significância ($F(2, 216) = 2,468$, $p = 0,087$), embora o efeito não tenha atingido o nível convencional de significância estatística. O tamanho da palavra não apresentou efeito significativo sobre a latência ($F(2, 216) = 0,549$, $p = 0,578$). Além disso, nenhuma das interações testadas entre os fatores (grupo, tempo e tamanho da palavra) foi estatisticamente significativa (todas com $p > 0,1$).

Paired Samples T-Test

			Statistic	df	p
Latência	AFI (1) ou GC (2)	Student's t	26.1	233	<.001
		Wilcoxon W	27495		<.001
tamanho da palavra (1,2,3 sil)	Latência	Student's t	-26.1	233	<.001
		Wilcoxon W	0		<.001

Note. $H_a \mu_{\text{Measure 1} - \text{Measure 2}} \neq 0$

O teste de Wilcoxon apresentou latência (AFI vs. GC): $W = 27.495$, $p < 0.001$ (diferença altamente significativa), indicando que os tempos de resposta do grupo AFI foram significativamente maiores do que os do grupo GC.

O teste t pareado verificou a latência entre AFI e GC ($t(233) = 26.1$, $p < .001$ - diferença altamente significativa) e a latência conforme o tamanho da palavra ($t(233) = -26.1$, $p < .001$ - também houve uma diferença significativa geral).

Linear Regression**Model Fit Measures**

Model	R	R²
1	0.468	0.219

Note. Models estimated using sample size of $N=234$

Model Coefficients - Latência

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept^a	1934.4	151.0	12.810	<.001
idade	-59.3	17.1	-3.469	<.001
AFI (1) ou GC (2):				
2 – 1	-581.4	86.3	-6.737	<.001
tamanho da palavra (1,2,3 sil):				
2 – 1	113.4	105.7	1.073	0.284
3 – 1	46.2	105.7	0.437	0.663
tempo em ms:				
3000 – 1500	16.6	105.7	0.157	0.875
5000 – 1500	-200.6	105.7	-1.898	0.059

^a Represents reference level

Tabela 8 - Modelo de regressão linear - teste 2

A análise de regressão linear para a variável latência indicou que o modelo geral foi significativo, com diversos preditores relevantes. O intercepto, que representa a condição de referência (grupo AFI, palavras de uma sílaba, tempo de apresentação de 1500 ms e idade média dos participantes), foi estimado em 1934,4 ms (SE = 151,0, $t = 12,810$, $p < .001$).

A idade dos participantes foi uma característica importante a ser observado, pois quanto maior a idade, menor o tempo de latência na produção. O tipo de grupo também teve um impacto significativo: participantes no grupo GC apresentaram latências significativamente menores do que aqueles do grupo AFI ($\beta = -581,4$, SE = 86,3, $t = -6,737$, $p < .001$).

Por outro lado, o número de sílabas nas palavras não foi um preditor significativo do tempo de latência. Comparadas às palavras de uma sílaba, palavras de duas sílabas ($\beta = 113,4$, $p = 0,284$) e de três sílabas ($\beta = 46,2$, $p = 0,663$) não mostraram diferenças estatisticamente

significativas. Em relação ao tempo de apresentação dos estímulos, também não foram encontradas diferenças significativas entre 1500 ms e 3000 ms ($\beta = 16,6$, $p = 0,875$). Para o tempo de 5000 ms, observou-se uma tendência à redução da latência em comparação com 1500 ms ($\beta = -200,6$), embora o resultado tenha ficado no limiar da significância ($p = 0,059$).

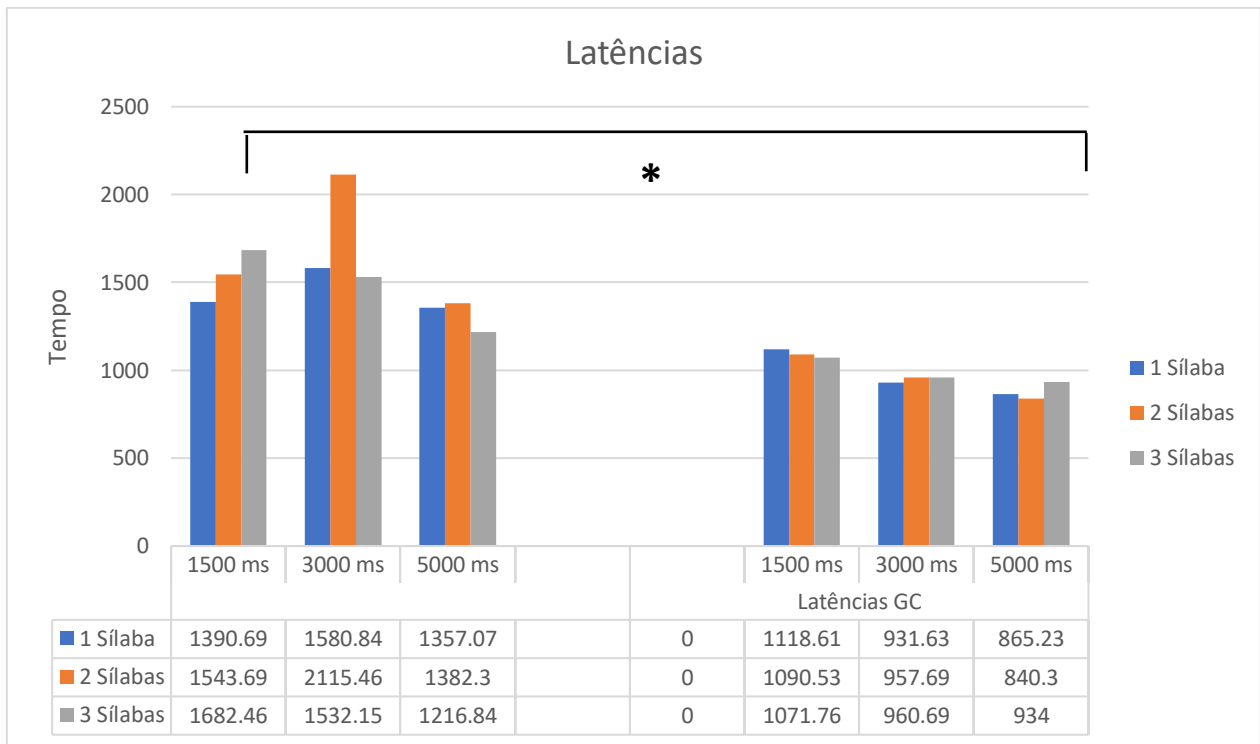


Gráfico 3 - Latências - teste 2

Observando o gráfico acima, notamos que 3000 ms gerou maior latência nas palavras de 2 sílabas (2115.46 ms), sendo um pico bem visível. Já em 5000 ms, os tempos foram mais baixos em todas as condições de sílabas. Pode ser que o intervalo de 3000 ms tenha sido suficiente para gerar antecipação ou ativação parcial da resposta, mas não o bastante para concluir a preparação, resultando em uma hesitação maior no momento da resposta. Talvez, com 5000 ms, os participantes tenham se acostumado ao longo tempo de espera e preparado melhor suas respostas, resultando em menor latência. Ou seja, há uma sugestão de que o tempo de 5000 ms pode ter facilitado a repetição (reduzido a latência), o que é interessante e contraria a expectativa de maior custo cognitivo com mais espera. Essa diferença, no entanto, não atingiu significância estatística:

O tempo de 3000 ms em comparação a 1500 ms - efeito não significativo:

- Estimate = 16.6, $p = 0.875$ - sem diferença relevante.

O tempo de 5000 ms comparado a 1500 ms apresentou um efeito quase significativo, com tendência de ser mais rápido:

- Estimate = -200.6, $p = 0.059$

Os resultados indicam que o grupo AFI apresentou tempos de resposta significativamente mais longos do que o grupo GC. Outras variáveis, como idade, tamanho da palavra e tempo de espera pelo estímulo, não tiveram efeitos significativos na latência. Isso sugere que a diferença entre os grupos não está associada à complexidade das palavras ou à duração do estímulo, mas sim a processos específicos do grupo AFI. Além disso, o modelo de regressão apresentou um ajuste fraco ($R^2 = 0.0908$), indicando que outros fatores não analisados podem estar influenciando os tempos de resposta.

6.5.3 Teste 3

O Teste 3 investigou o tempo necessário para a produção de palavras em duas condições: com e sem apoio pragmático. Foram consideradas as variáveis neurotipicidade (grupo AFI ou GC); acurácia (aceitável: sim ou não); apoio pragmático (com ou sem) e idade.

	com apoio (1);sem apoio(2)	Aceitavel - sim (1);não(2)	AFI (1) ou GC (2)	tempo
Mean	1	1	1	6708
			2	2185
		2	1	3946
			2	9442
	2	1	1	8108
			2	4077
		2	1	10626
			2	8997
Standard deviation	1	1	1	4570
			2	1855
		2	1	1361
			2	10694
	2	1	1	9431
			2	4025

com apoio (1);sem apoio(2)		Aceitavel - sim (1);não(2)	AFI (1) ou GC (2)	tempo
		2	1	8999
			2	NaN
Shapiro-Wilk W	1	1	1	0.869
			2	0.598
		2	1	0.828
			2	NaN
	2	1	1	0.701
			2	0.791
		2	1	0.790
			2	NaN
Shapiro-Wilk p	1	1	1	0.183
			2	<.001
		2	1	0.164
			2	NaN
	2	1	1	0.002

com apoio (1);sem apoio(2)	Aceitavel - sim (1);não(2)	AFI (1) ou GC (2)	tempo
		2	0.011
	2	1	0.090
		2	NaN

Tabela 9 - Análise descritiva - teste 3

O tempo médio foi substancialmente maior no grupo AFI e algumas condições violaram a normalidade ($p < 0,05$), como:

Grupo AFI sem apoio com produção não aceitável ($p = 0,002$)

Grupo GC com apoio e produção aceitável ($p = 0,011$)

Assim, testes não paramétricos foram aplicados para garantir a robustez da análise.

Paired Samples T-Test

					Statistic	df	p
com apoio (1);sem tempo apoio(2)				Student's t	-6.29	43.0	<.001
				Wilcoxon W	0.0		<.001
Aceitavel - sim (1);não(2)	AFI (1) ou GC (2)			Student's t	-2.48	45.0	0.017
				Wilcoxon W	94.5 ^a		0.019

Note. $H_a \mu_{\text{Measure 1}} - \mu_{\text{Measure 2}} \neq 0$

^a 20 pair(s) of values were tied

A comparação entre as condições com e sem apoio revelou uma diferença estatisticamente significativa no tempo de produção. As produções realizadas com apoio foram significativamente mais rápidas do que aquelas realizadas sem apoio ($t(43) = -6,29$, $p < .001$). Além disso, ao comparar o tempo de produção entre respostas aceitáveis e não aceitáveis, observou-se que as produções consideradas aceitáveis foram realizadas de maneira significativamente mais rápida ($t(45) = -2,48$, $p = 0,017$). O teste de Wilcoxon confirmou esses achados, com **W = 0.0** ($p < .001$) para o apoio e **W = 94.5** ($p = 0.019$) para aceitabilidade.

ANOVA - tempo

	Sum Squares	of df	Mean Square	F	p
com apoio (1);sem apoio(2)	3.54e+7	1	3.54e+7	1.060	0.310
Aceitavel - sim (1);não(2)	5.56e+7	1	5.56e+7	1.663	0.205
AFI (1) ou GC (2)	8.58e+6	1	8.58e+6	0.257	0.616
com apoio (1);sem apoio(2) * Aceitavel - sim (1);não(2)	3.38e+6	1	3.38e+6	0.101	0.752
com apoio (1);sem apoio(2) * AFI (1) ou GC (2)	1.72e+7	1	1.72e+7	0.514	0.478
Aceitavel - sim (1);não(2) * AFI (1) ou GC (2)	6.02e+7	1	6.02e+7	1.801	0.188
com apoio (1);sem apoio(2) * Aceitavel - sim (1);não(2) * AFI (1) ou GC (2)	2.26e+7	1	2.26e+7	0.677	0.416
Residuals	1.20e+9	36	3.34e+7		

Tabela 10 - ANOVA para tempo - teste 3

A análise de variância (ANOVA) para o tempo de produção no Teste 3 indicou que nenhum dos fatores principais apresentou efeitos estatisticamente significativos. A comparação entre as condições com apoio e sem apoio não revelou diferença significativa ($F(1, 36) = 1,06, p = 0,310$), assim como a comparação entre produções aceitáveis e não aceitáveis ($F(1, 36) = 1,66, p = 0,205$). Da mesma forma, a neurotipicidade (AFI vs. GC) também não apresentou efeito significativo sobre o tempo de produção ($F(1, 36) = 0,26, p = 0,616$).

Model Fit Measures

Model	R	R²
1	0.366	0.134

Note. Models estimated using sample size of N=44

Model Coefficients - tempo

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept^a	6863	2928	2.344	0.024
idade	-205	354	-0.581	0.565
AFI (1) ou GC (2):				
2 – 1	-2813	1796	-1.566	0.125
Aceitavel - sim (1);não(2):				
2 – 1	1805	2190	0.825	0.415
com apoio (1);sem apoio(2):				
2 – 1	2201	1763	1.248	0.219

^a **Represents reference level**

Tabela 11 - Modelo de Regressão Linear

A análise de regressão linear para o tempo de produção no Teste 3 indicou que o intercepto foi significativo ($\beta = 6863$, $p = 0,024$). No entanto, nenhuma das variáveis preditoras avaliadas apresentou efeito estatisticamente significativo sobre o tempo de produção. A idade dos participantes não influenciou o tempo de resposta de maneira significativa ($\beta = -205$, $p = 0,565$). Embora o grupo GC tenha apresentado uma redução média no tempo de produção em relação ao grupo AFI ($\beta = -2813$), essa diferença não foi significativa ($p = 0,125$). Produções não aceitáveis tenderam a apresentar tempos maiores do que as aceitáveis ($\beta = +1805$), mas sem significância estatística ($p = 0,415$). Da mesma forma, produções realizadas sem apoio mostraram tendência a maior tempo de resposta em comparação às produções com apoio ($\beta = +2201$), porém também sem diferença significativa ($p = 0,219$).

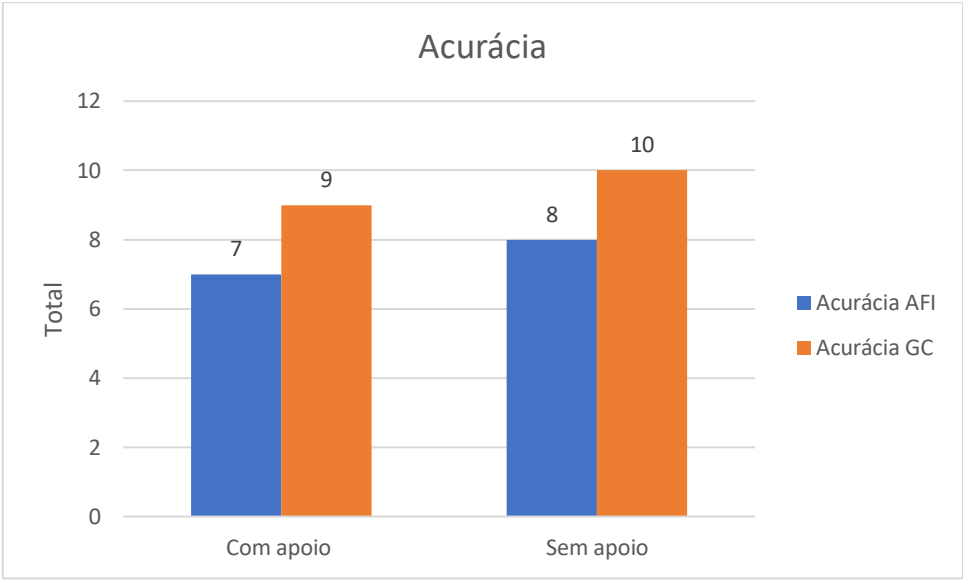


Gráfico 4 - Acurácia - teste 3

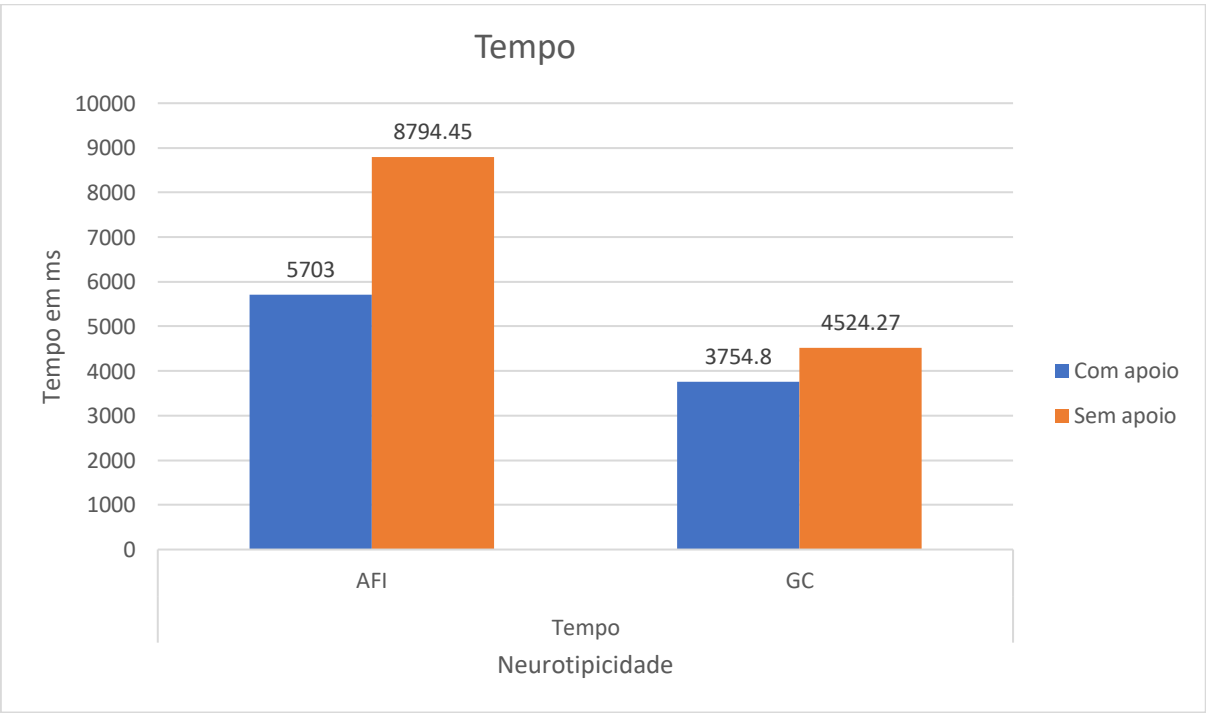


Gráfico 5 - Tempo - teste 3

Embora o gráfico indique que o grupo GC teve acurácia ligeiramente maior que o grupo AFI, tanto com quanto sem apoio, essas diferenças não foram estatisticamente significativas, nem influenciaram significativamente o tempo de produção, segundo os testes aplicados.

A análise gráfica dos dados do Teste 3 evidenciou que a presença de apoio visual está associada a tempos de produção mais curtos, indicando um efeito facilitador. As produções consideradas aceitáveis também foram realizadas de maneira significativamente mais rápida do que as não aceitáveis, embora essa diferença tenha sido menos pronunciada. Em contrapartida, não foram observadas diferenças relevantes no tempo de produção entre os grupos AFI e GC, sugerindo que, neste teste, fatores contextuais (apoio e aceitabilidade) exerceram maior influência do que o tipo de estímulo.

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nossa hipótese inicial era de que as crianças com apraxia de fala apresentariam uma lentificação no processamento de informações, possivelmente relacionada a déficits de memória de trabalho. Os resultados dos três testes abriram novos caminhos de reflexão sobre os mecanismos envolvidos.

No teste 1, busquei analisar se o tamanho da palavra influenciaria o desempenho. Não foi surpresa o fato de que as respostas no grupo GC foram significativamente mais rápidas do que no grupo AFI. No que diz respeito ao tamanho da palavra, uma questão instigante era: palavras maiores exigiriam mais programações motoras pelo cérebro para controlar músculos e articulações do aparelho fonador? Embora o teste t pareado tenha indicado diferenças de tempo entre palavras de tamanhos distintos ($t(311) = 23.6, p < .001$), a regressão linear mostrou que, isoladamente, o número de sílabas não explica de maneira significativa a variação nos tempos de resposta ($p = 0.545$ e $p = 0.626$). Esse dado sugere que, se existe um aumento de demanda cognitiva com palavras maiores, ele pode estar sendo compensado por outras habilidades heurísticas, como a automatização de padrões motores familiares ou ainda uma tentativa de adivinhação dos conteúdos antes do fim do escaneamento visual. França et al. (2018) flagraram esse efeito através de teste comportamental e também através da neurofisiologia em um teste de EEG aplicado a alunos do 8º ano do fundamental com problemas de leitura. O desengajamento da leitura de alguns alunos maus leitores, deu lugar à tentativa de adivinhação do final da palavra e a uma chegada acelerada à consolidação do conteúdo equivocado.

Algo bastante relevante foi a análise dos erros: os dados mostraram que erros estavam associados a latências ainda maiores no grupo AFI. Quando a criança apráxica errava, seu tempo de resposta aumentava, refletindo a dificuldade em reparar a produção ou em buscar alternativas linguísticas viáveis. No grupo controle, ao contrário, os erros foram menos frequentes e, quando ocorriam, não impactavam tanto o tempo de resposta, o que sugere maior flexibilidade de planejamento nas crianças neurotípicas.

Qualitativamente, a idade também se mostrou um fator intrigante. Nas crianças neurotípicas, observou-se um efeito mais nítido de ganho de velocidade com o aumento da idade, enquanto, no grupo AFI, a idade sozinha não pareceu suficiente para explicar a melhora na performance. Isso reforça a noção de que, na apraxia de fala, o progresso depende mais da intervenção terapêutica e da gravidade individual do transtorno do que simplesmente do

amadurecimento biológico, já que o sistema motor de fala das crianças com AFI parece não se desenvolver espontaneamente com o tempo, exigindo experiências dirigidas e intensivas para que ocorra reorganização funcional. Em muitos casos, dependendo da gravidade do transtorno e se há outras comorbidades, mesmo crianças mais velhas continuam apresentando dificuldades marcantes na precisão articulatória, evidenciando que o desenvolvimento linguístico não acompanha linearmente o avanço da idade, como ocorre em crianças típicas.

No teste 2, em que manipulamos o tempo de retenção antes do desempenho (1500 ms, 3000 ms e 5000 ms), o grupo GC continuou a apresentar latências menores do que o grupo AFI. É interessante destacar que o tamanho da palavra não afetou significativamente a latência em nenhum dos grupos. No entanto, olhando atentamente para o comportamento dos dois grupos, percebemos que, no grupo controle, o aumento do tempo de exposição (especialmente 5000 ms) tendeu a favorecer a latência para palavras mais longas, enquanto, no grupo AFI, isso foi mais discreto. Isso sugere que as crianças apráxicas, mesmo quando recebem mais tempo de preparação, ainda enfrentam dificuldades de planejamento motor e linguístico que são barreiras na execução da fala.

Essa tendência sugere que o aumento do tempo de espera não necessariamente beneficiou o grupo AFI, uma vez que o tempo adicional para o planejamento da fala não resultou em melhor desempenho. Embora a memória de trabalho represente um fator de dificuldade – especialmente porque essas crianças parecem ter maior vulnerabilidade ao manter o estímulo ativo por mais tempo antes da produção – a principal limitação parece residir no planejamento e na programação motora, e não apenas na capacidade de reter a informação.

É importante mencionar que a acurácia da produção não foi controlada porque todos os participantes produziram as palavras-alvo propostas (no grupo AFI, essas produções ocorreram ainda que com algumas distorções articulatórias). Isso pode indicar que, apesar das dificuldades motoras, a memória de trabalho estaria preservada o suficiente para sustentar a produção da palavra, o que, por sua vez, pode relativizar a hipótese de um comprometimento mais amplo nessa função executiva.

Vale lembrar que, na AFI, a principal dificuldade está nos processos de planejamento e programação motora da fala, o que a diferencia de quadros de simples déficit motor. Nestes últimos, os erros articulatórios tendem a ser sistemáticos e não comprometem a representação linguística, que permanece estável. Já nas crianças com AFI, os erros são tipicamente assistemáticos: a criança pode ser capaz de produzir corretamente um fonema ou uma palavra em determinado momento e, em outra situação, não conseguir realizá-los.

Esse padrão de produção inconsistente dificulta a consolidação de representações fonológicas estáveis na memória de longo prazo. Por exemplo, para uma criança neurotípica, a palavra "bola" é armazenada de forma estável e acessível, funcionando como um ponto fixo entre a intenção comunicativa e sua execução verbal. Na criança com AFI, contudo, a instabilidade na produção de fonemas compromete esse processo de armazenamento. Esse cenário impõe uma sobrecarga adicional à memória de trabalho, uma vez que, a cada tentativa de produção, a criança precisa reconfigurar os sons e combiná-los em tempo real para formar palavras e frases. Essa exigência contínua de reconstrução interfere diretamente na fluidez do discurso, na construção de narrativas e na expressão da criatividade verbal, que passa a ser limitada não pela ausência de ideias, mas pelas dificuldades em planejá-las e executá-las linguisticamente.

Aqui, emergem reflexões importantes: o quanto a atenção sustentada e o controle inibitório influenciam esse cenário? Parece razoável considerar que essas funções trabalham juntas — a atenção mantém o foco na tarefa, enquanto a inibição reduz distrações ou impulsos prematuros. No caso das crianças com AFI, muitos tiveram dificuldades em esperar o bipe de liberação para iniciar a fala, revelando um desafio real de inibição motora. Este comportamento me leva a acreditar que, além dos déficits motores, haja também fragilidades marcantes nos mecanismos de autorregulação cognitiva.

Essa dificuldade de aguardar o sinal (bipe) antes de falar também me leva a questionar se as interrupções recorrentes no fluxo da fala poderiam afetar a criatividade dessas crianças. Sabemos que a criatividade linguística depende da capacidade de acessar rapidamente repertórios léxicos, combinar palavras e estruturar frases fluidamente. Essa dificuldade de controle e a lentificação observada nos testes nos levam a refletir sobre o impacto mais amplo da AFI. A fluência verbal espontânea, essencial para a criação de narrativas e para a construção de discursos mais complexos, depende de um fluxo contínuo e eficiente de planejamento e execução da fala — fluxo esse frequentemente interrompido nas crianças apráxicas.

Finalmente, no teste 3, testamos o impacto do contexto visual e da criatividade para escolher palavras com e sem contexto imediato. Embora a ANOVA não tenha encontrado efeitos principais significativos, os testes t pareados indicaram diferenças relevantes: produções com apoio visual foram significativamente mais rápidas e produções aceitáveis foram realizadas mais rapidamente do que produções não aceitáveis. Curiosamente, observou-se que o apoio visual beneficiou mais o grupo AFI do que o grupo controle, indicando que recursos visuais podem atuar como estratégias compensatórias importantes para crianças com déficits de planejamento motor e acesso lexical. Esse resultado é particularmente relevante, pois, enquanto

para o grupo controle o apoio visual foi apenas um facilitador marginal, para o grupo AFI ele representou uma ferramenta efetiva para a redução do tempo de resposta. Em geral, espera-se que crianças neurotípicas se beneficiem mais de qualquer recurso adicional (como apoio visual), porque elas já têm a capacidade motora e linguística preservada. Como elas têm memória de trabalho e planejamento motor funcionando bem, o apoio visual seria, teoricamente, um facilitador extra que as faria ser ainda mais rápidas.

Essa observação de que o apoio visual beneficiou mais as crianças com AFI do que as crianças do grupo controle oferece uma justificativa importante para o uso de métodos multissensoriais na intervenção clínica. Estratégias que combinam estímulos visuais, auditivos e motores, como o Método das Boquinhos²², podem atuar como facilitadores potentes para crianças com apraxia de fala, auxiliando tanto na organização do planejamento motor da fala quanto no acesso lexical. Ao oferecer pistas visuais explícitas sobre a articulação dos sons, métodos como esse ajudam a reduzir a carga cognitiva necessária para evocar e programar os movimentos da fala, servindo de suporte concreto para o desenvolvimento da linguagem oral. Nessa perspectiva, a utilização de abordagens multissensoriais se apresenta não apenas como uma escolha metodológica, mas como uma necessidade terapêutica fundamentada nas dificuldades específicas apresentadas por essas crianças.

A aceitabilidade da produção (ou seja, se a produção foi considerada congruente ou não), entretanto, não apresentou diferença estatisticamente significativa na ANOVA, o que indica que o apoio visual não favoreceu a precisão linguística. Esse é um achado importante, pois nos permite refletir sobre a capacidade criativa das crianças com AFI. O fato de o apoio visual não garantir a produção correta, sugere que o acesso motor à fala pode ser auxiliado por pistas externas, enquanto o acesso lexical e a capacidade de produzir respostas criativas, ajustadas ao contexto, continuam comprometidos.

Esse dado nos ajuda a delimitar melhor o escopo do acometimento na AFI: não se trata apenas de um bloqueio motor, mas de uma dificuldade em mobilizar recursos linguísticos de forma flexível e adaptativa — justamente o que caracteriza a criatividade verbal. A ausência de diferença na aceitabilidade sugere que, mesmo com suporte, as crianças com AFI têm dificuldade em elaborar respostas adequadas a situações novas ou que demandem inferência, o

²². O Método das Boquinhos[®] é uma abordagem multissensorial de alfabetização e reabilitação da fala e da linguagem. Ele foi criado pela fonoaudióloga Renata Jardini, e tem como base a consciência fonológica associada ao apoio visual articulatório. Trata-se de uma metodologia de neuroalfabetização sintética, multissensorial, fonovisuoarticulatória, que propicia rapidez e segurança na associação fonografêmica viabilizada pelo diferencial do articulema (boca) para facilitar o processo para quaisquer aprendizes.

que reforça a hipótese de um comprometimento mais amplo na construção e organização da linguagem.

Para o grupo controle, o impacto do apoio foi menos evidente, provavelmente porque essas crianças já possuíam automatização de suas respostas verbais, além de maior liberdade de exploração linguística e criatividade na linguagem expressiva — fatores que, combinados, favorecem tanto a velocidade quanto a qualidade da produção sem a necessidade de suporte adicional.

Durante o Teste 3, realizamos também uma análise qualitativa das respostas individuais das crianças, uma vez que certos aspectos, como a criatividade verbal, não são capturados adequadamente pelos testes estatísticos. Observamos que, na primeira história proposta, em que a resposta esperada era “jacaré”, 7 das 13 crianças com AFI acertaram a resposta (4 com apoio pragmático e 3 sem apoio). Entre as crianças do grupo controle, o desempenho foi equivalente: também houve 4 acertos com apoio e 3 sem apoio. Já na segunda história, cuja resposta esperada era “casaco”, 5 das 13 crianças com AFI apresentaram respostas incorretas, como “carro”, sugerindo uma maior dificuldade de acesso lexical em contextos mais abstratos. No grupo controle, 11 crianças acertaram essa história (5 com apoio e 6 sem), evidenciando um desempenho superior.

Os erros cometidos mostram um padrão relevante: crianças com AFI tendem a recorrer a palavras mais concretas, familiares ou imediatamente acessíveis, em vez de produzir respostas criativas e adequadas ao contexto. Isso indica uma possível limitação não apenas no planejamento motor da fala, mas também na flexibilidade cognitivo-linguística. Esses achados qualitativos reforçam a hipótese de que a apraxia de fala infantil impacta a capacidade de produção linguística criativa, restringindo a espontaneidade e a adaptabilidade verbal, especialmente em tarefas que demandam maior inferência e associação simbólica.

De maneira geral, os três testes convergem para um panorama em que crianças com AFI apresentam maior lentidão e variabilidade nos tempos de produção e latência, evidenciando não apenas as dificuldades motoras e de memória de trabalho, mas também os desafios relacionados à atenção, controle inibitório.

Além das dificuldades motoras e cognitivas observadas, os dados indicam que, na ausência de suportes prévios (como pistas fonológicas ou motoras), as crianças com AFI encontram mais obstáculos para acessar e organizar a fala, o que pode limitar a expressão da criatividade verbal. A fluência na produção oral, essencial para a geração espontânea de ideias e para a construção de discursos criativos, depende de um fluxo contínuo e eficiente de acesso

lexical, planejamento motor e execução articulatória. As interrupções frequentes no fluxo da fala, somadas à lentificação na latência de resposta, indicam que é demandado um esforço cognitivo desproporcional apenas para manter a fala básica, restando pouca margem para a exploração linguística mais livre e criativa. Dessa maneira, a criatividade verbal, que exige flexibilidade, velocidade e liberdade de combinação de ideias, pode ser particularmente afetada na apraxia de fala infantil. Essa limitação não apenas impacta a comunicação funcional, mas também pode restringir a expressão emocional, a capacidade narrativa e o desenvolvimento da linguagem escrita no futuro.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E ENCAMINHAMENTOS

Esta tese apresentou uma plataforma de estudos para delinear o impacto potencial da programação motora e dos déficits de sequenciamento de sons no desenvolvimento da linguagem em crianças com apraxia de fala. As dificuldades enfrentadas por crianças com AFI provavelmente vão além do controle motor da fala, sendo possível um déficit nas representações fonológicas e em outros aspectos da linguagem.

Em conjunto, os três testes forneceram evidências robustas de que crianças com AFI apresentam tempos de produção e de latência significativamente mais longos que crianças neurotípicas, independentemente de variáveis como idade ou complexidade lexical. Esses dados fortalecem a hipótese de que a apraxia de fala infantil não se restringe a um transtorno motor, mas pode envolver déficits mais amplos de processamento linguístico e de memória de trabalho.

Cabe destacar ainda que, enquanto no grupo controle o desempenho melhorava progressivamente com a idade, no grupo AFI esse avanço parecia mais dependente de fatores como a gravidade da apraxia, a presença de comorbidades e o acesso à terapia fonoaudiológica intensiva. Essa constatação reforça a necessidade de uma abordagem terapêutica personalizada para crianças apráxicas.

Ao observar que o acesso e a articulação das palavras demandam esforço cognitivo adicional nas crianças com AFI — especialmente nos casos em que ocorrem erros —, entendemos que o processamento linguístico nessas crianças é menos eficiente, o que pode impactar não apenas a fala, mas também o desenvolvimento mais amplo da linguagem.

Assim, esta pesquisa contribui para ampliar a compreensão dos efeitos da AFI sobre a cognição linguística e o tempo de resposta verbal. Os dados apontam para a necessidade de futuras investigações que explorem com mais profundidade a relação entre controle motor, memória de trabalho e representação linguística. Entendemos que, se a apraxia fosse apenas um problema motor, suas consequências seriam mais restritas. O que observamos, no entanto, sugere um transtorno mais complexo.

Como possíveis desdobramentos futuros, proponho dar continuidade a esta linha de pesquisa, expandindo a investigação para o campo da leitura e da escrita em crianças apráxicas. Pretendo analisar de que maneira as dificuldades motoras e linguísticas identificadas na fala se refletem nos processos de alfabetização e no uso funcional da linguagem escrita. Acreditamos que estudar essas interfaces poderá gerar contribuições importantes para a intervenção precoce e para a construção de práticas educacionais mais inclusivas.

Além disso, pretendo transformar o conhecimento desenvolvido nesta pesquisa em materiais sistematizados, com vistas a sua publicação e distribuição também no âmbito das escolas. Meu objetivo é compartilhar esse saber como uma forma de retribuição à comunidade, disponibilizando recursos que possam auxiliar docentes, famílias e profissionais a transformar, de maneira prática e acessível, a realidade de crianças com apraxia de fala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE et. al. **Avaliação interdisciplinar da diadococinesia: um estudo piloto.** Fisioterapia e Pesquisa 2017 24(4), 420-426. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17681624042017> Acesso em: 03.11.2024

ALLISON, K.; CORDELLA, C.; IUZZINI-SEIGEL, J.; GREEN, J. **Differential Diagnosis of Apraxia of Speech in Children and Adults: A Scoping Review.** 2020 Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 63. 1-43. 10.1044/2020_JSLHR-20-00061. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343619453_Differential_Diagnosis_of_Apraxia_of_Speech_in_Children_and_Adults_A_Scoping_Review Acesso em: 06.03.2024

ANDRADE C. R. F.; BEFI-LOPES, D. M.; FERNANDES, F. D. M.; WERTZNER, H. F. **ABFW: Teste de Linguagem Infantil nas Áreas de Fonologia, Vocabulário, Fluência e Pragmática.** Pró-Fono, 2023.

ARCHIBALD, L.; GATHERCOLE, S. **Short-term and Working Memory in Children with Specific Language Impairment.** International journal of language & communication disorders / Royal College of Speech & Language Therapists. 2006 doi: 10.1080/13682820500442602. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/6717785_Short-term_and_Working_Memory_in_Children_with_Specific_Language_Impairment. Acesso em: 10.10.2020

ASHA – Childhood Apraxia of Speech [Technical Report]. 2007. Disponível em: www.asha.org/policy.

BEFI-LOPES, D. M.; TAKIUCHI, N.; TELES, P. **Avaliação da maturidade simbólica em crianças em desenvolvimento normal de linguagem.** Fortaleza: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2003. Acesso em: 15 set. 2024.

BOMBONATO C. et. al. **Relationship among Connectivity of the Frontal Aslant Tract, Executive Functions, and Speech and Language Impairment in Children with Childhood Apraxia of Speech.** Brain Sci. 2022 Dec 31;13(1):78. doi: 10.3390/brainsci13010078. PMID: 36672059; PMCID: PMC9856897.

BUTTERWORTH, B. Lexical access in speech production. *In*: MARSLER-WILSON, W. (Ed.). **Lexical representation and process** (pp. 108–135). The MIT Press, 1989.

CARRIGG, B.; PARRY, L.; BAKER, E.; SHRIBERG, L. D.; BALLARD, K. **Cognitive, Linguistic, and Motor Abilities in a Multigenerational Family with Childhood Apraxia of Speech.** Archives of Clinical Neuropsychology. 2016 doi 10.1093/arclin/acw077. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308908487_Cognitive_Linguistic_and_Motor_Abilities_in_a_Multigenerational_Family_with_Childhood_Apraxia_of_Speech Acesso em 15.11.2020.

CARUSO, A.J.; STRAND, E.A. **Clinical Management of Motor Speech Disorders in Children.** New York, Thieme, 1999.

CASE J.; GRIGOS M. I. **Articulatory Control in Childhood Apraxia of Speech in a Novel Word-Learning Task.** J Speech Lang Hear Res. 2016 doi: 10.1044/2016_JSLHR-S-14-0261.

PMID: 27750297; PMCID: PMC7251333. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27750297/> Acesso em: 10.11.2020.

CATANI, M. **A little man of some importance**. Brain. 2017 Nov 1;140(11):3055-3061. doi: 10.1093/brain/awx270. PMID: 29088352; PMCID: PMC5841206.

CHOMSKY, N. **Syntactic Structures**. Berlin, Boston: De Gruyter Mouton, 1957. <https://doi.org/10.1515/9783112316009>

CHOMSKY, N. **Review of Verbal Behavior**. 1959, Language 35.

COSTA, B.; BRESCANCINI, C.; ORTIZ, K. **Protocolo de avaliação para apraxia de fala adquirida**. 2024 CoDAS. 36. 10.1590/2317-1782/20232022251pt. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374709281_Protocolo_de_avaliacao_para_apraxia_de_fala_adquirida/citations Acesso em: 30.08.2024.

DAVIS, B. L.; JAKIELSKI, K. J.; MARQUARDT, T. P. **Developmental apraxia of speech: Determiners of differential diagnosis**. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 12(1), 25–45. <https://doi.org/10.3109/02699209808985211>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/02699209808985211> Acesso em: 01.10.2024.

DEUTSCHER, G. **Através da lente da linguagem: Por que o mundo parece diferente em outras línguas?** Petrópolis, RJ; Vozes, 2023.

DODD, B. **Differential Diagnosis of Pediatric Speech Sound Disorder**. Current Developmental Disorders Reports. 2024 1. 10.1007/s40474-014-0017-3.

DODD, B. **Differential Diagnosis and Treatment of Children with Speech Disorder**. London and Philadelphia, Whurr Publishers, 2005.

DODWELL K; BAVIN E.L. **Children with specific language impairment: an investigation of their narratives and memory**. Int J Lang Commun Disord. 2008 doi: 10.1080/13682820701366147. PMID: 17852521. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1080/13682820701366147>. Acesso em: 10.10.2020.

FISH, M. **Here's how to treat Childhood Apraxia of Speech**. San Diego, CA; Plural Publishing, 2016.

GARCIA, D. C.; MAIA, M. A. R.; FRANÇA, A. I. **The time course of word recognition: evidence from Brazilian Portuguese**. *ReVEL*, v. 10, n. 18, 2012. [www.revel.inf.br]. Disponível em: <https://www.revel.inf.br/files/b3da4d8aa701b580e2bf2553b61b105d.pdf>. Acesso em: 01.03.2025.

GATHERCOLE, S.E; BADDELEY, A.D. **Working memory and language (Essays in Cognitive Psychology)**. Lawrence Erlbaum Associates Ltd., Publishers, 1993.

FISHER, S. E.; SCHARFF, C. **FOXP2 as a molecular window into speech and language**. Trends in Genetics, 2009, 25(4), 166–177.

FLETCHER, P. **Speech and language defects**. Nature 346, 226, 1990.

FRANÇA, A. I. O Problema de Broca In: **Chomsky: A Reinvenção da Linguística**. 1 ed. São Paulo: Editora Contexto, v.1, p. 175-197, 2019.

FRANÇA, A. I.; GOMES, J.; Soto, M.; MANHAES, A. G. Cérebro e leitura: Educação, neurociência e o novo aluno na era do conhecimento In: **Psicolinguística e Educação**. 1 ed. São Paulo: Mercado das Letras, v.1, p. 221-250, 2018.

GOLDFIELD, B. A. **Noun bias in maternal speech to one-year-olds**. J Child Lang. 1993 Feb;20(1):85-99. doi: 10.1017/s0305000900009132. PMID: 8454688.

GONÇALVES, R.R.F. **A EXPRESSÃO DO FOXP2. Uma introdução ao estudo das relações entre genes e linguagem**. Dissertação de Mestrado (Estudos da Linguagem). Instituto de Letras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GOPNIK, M. **Genetic basis of grammar defect**. Nature 347, 26, 1990.

GRAHAM, S. A.; FISHER, S. E. **Decoding the genetics of speech and language**. Current Opinion in Neurobiology, 2015, 28, 43–50.

GROLLA, E.; SILVA, M. C. F. **Para Conhecer Aquisição da Linguagem**. São Paulo, Contexto, 2014.

HADDEN, W.B. **On Certain Defects of Articulation in Children, with Cases Illustrating the Results of Education on the Oral System**. Journal of Mental Science. 1891; 37(156):96-105. doi:10.1192/bjp.37.156.96. Acesso em: 01.10.2024.

HAYDEN, D.A. **The PROMPT model: Use and application for children with mixed phonological-motor impairment**. International Journal of Speech-Language Pathology. 2009 doi 10.1080/14417040600861094. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232036845_The_PROMPT_model_Use_and_application_for_children_with_mixed_phonological-motor_impairment. Acesso em 16.09.2020.

HAYDEN, D.A.; SQUARE, P.A. **Motor Speech Treatment Hierarchy: a systems approach**. Clin Commun Disord. 1994 Sep;4(3):162-74. PMID: 7994291. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7994291/> Acesso em: 03.05.2021.

HOFF E. **The specificity of environmental influence: socioeconomic status affects early vocabulary development via maternal speech**. Child Dev. 2003 Sep-Oct;74(5):1368-78. doi: 10.1111/1467-8624.00612. PMID: 14552403.

HURST, J.A.; BARAITSER, M.; AUGER, E.; GRAHAM F.; NORELL, S. **An extended family with a dominantly inherited speech disorder**. Dev Med Child Neurol. 1990 Apr;32(4):352-5. doi: 10.1111/j.1469-8749.1990.tb16948.x. PMID: 2332125. Acesso em: 15.09.2024

INDEFREY P. **The spatial and temporal signatures of word production components: a critical update**. Front Psychol. 2011 doi: 10.3389/fpsyg.2011.00255. PMID: 22016740;

PMCID: PMC3191502. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22016740/> Acesso em: 25.10.2020

INDEFREY P.; LEVELT W. J. **The spatial and temporal signatures of word production components.** *Cognition*. 2004 doi: 10.1016/j.cognition.2002.06.001. PMID: 15037128. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15037128/> Acesso em: 25.10.2020.

KANDEL, E. R. **In Search of Memory – the emergence of a new science of mind.** New York and London, W. W. Norton & Company, 2006.

KOOPMANN-HOLM, B.; O'CONNOR, A. **An Analysis of Alan D. Baddeley and Graham Hitch's Working Memory (The Macat Library).** Macat Library; Kindle Edition, 2017.

KUHL, P. K. The Development of Speech and Language. *In*: CAREW, T. J.; MENZEL, R.; SHATZ, C. J. (orgs.). **Mechanistic Relationships Between Development and Learning: Report of the Dahlem Workshop on Mechanistic Relationships Between Development and Learning.** Berlin; Wiley, 1998.

LAI, C. S. et al. **A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder.** *Nature*, 2001, 413(6855), 519–523.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios?: conceitos fundamentais de neurociência.** 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2010.

LEVELT W. J. **Models of word production.** *Trends Cogn Sci*. 1999 doi: 10.1016/s1364-6613(99)01319-4. PMID: 10354575. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10354575/> Acesso em: 25.10.2020.

LEVELT, W. J. **Accessing words in speech production: stages, processes and representations.** *Cognition*. 1992 Mar;42(1-3):1-22. doi: 10.1016/0010-0277(92)90038-j. PMID: 1582153.

LEVELT, W. J. **Speaking: From Intention to Articulation.** MIT Press, 1993.

LEWIS et. al. **Subtyping Children with Speech Sound Disorders by Endophenotypes.** *Top Lang Disord*. 2011;31(2):112-127. doi: 10.1097/TLD.0b013e318217b5dd. PMID: 22844175; PMCID: PMC3404745. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3404745/> Acesso em: 09.07.2024.

LIÉGEOIS, F.; BALDEWEG, T.; CONNELLY, A.; GADIAN, D.; MISHKIN, M.; VARGHA-KHADEM, F. **Language fMRI abnormalities associated with FOXP2 gene mutation.** *Nature neuroscience*. 2003 doi: 10.1038/nn1138. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/9053686_Language_fMRI_abnormalities_associated_with_FOXP2_gene_mutation Acesso em: 30.11.2020

LORCH, M.; HELLAL, P. **The 'idioglossia' cases of the 1890s and the clinical investigation and treatment of developmental language impairment.** *Cortex* 48 (8), pp. 1052-1060. 2012 ISSN 0010-9452. Disponível em: [Birkbeck Institutional Research Online \(bbk.ac.uk\)](http://Birkbeck Institutional Research Online (bbk.ac.uk)) Acesso em: 01.10.2024

MAAS E, ROBIN D. A., AUSTERMANN HULA S. N., FREEDMAN S. E, WULF G., BALLARD K. J., SCHMIDT R.A. **Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders**. Am J Speech Lang Pathol. 2008 doi: 10.1044/1058-0360(2008/025). PMID: 18663111. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Principles-of-motor-learning-in-treatment-of-motor-Maas-Robin/49f5060b40cb4980e58e712e874497a1c33a3762>. Acesso em 16.09.2020.

MAASSEN, B. **Issues contrasting adult acquired versus developmental apraxia of speech**. Semin Speech Lang. 2002 Nov;23(4):257-66. doi: 10.1055/s-2002-35804. PMID: 12461725. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12461725/> Acesso em: 01.04.2024.

MAASSEN, B.; TERBAND, H. Process-Oriented Diagnosis of Childhood and Adult Apraxia of Speech (CAS and AOS). In: REDFORD, M. A. **The Handbook of Speech Production**. John Wiley & Sons, Inc, 2015.

MEYER, A.; ROELOFS, A.; LEVELT, W. **Word length effects in object naming: The role of a response criterion**. Journal of Memory and Language. 2003 doi 10.1016/S0749-596X(02)00509-0. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Word-length-effects-in-object-naming%3A-The-role-of-a-Meyer-Roelofs/320ac99f200a66685c366c5dd412ebba2b107104> Acesso em: 30.11.2020.

MORGAN, A.; FISHER, S.E.; SCHEFFER I.; HILDEBRAND, M. **FOXP2-Related Speech and Language Disorder**. 2016 Jun 23 [updated 2023 Jan 26]. In: Adam MP, Feldman J, Mirzaa GM, Pagon RA, Wallace SE, Amemiya A, editors. GeneReviews® [Internet]. Seattle (WA): University of Washington, Seattle; 1993–2024. PMID: 27336128. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27336128/> Acesso em: 01.03.202

NAMASIVAYAM, A. K., HUYNH, A., GRANATA, F., LAW, V., VAN LIESHOUT, P. **PROMPT intervention for children with severe speech motor delay: a randomized control trial**. Pediatric Research, 1-10, 2020, <https://doi.org/10.1038/s41390-020-0924-4>. Acesso em 15.09.2024

OGAR, J.; SLAMA, H.; DRONKERS, N., AMICI S., GORNO-TEMPINI M.L. **Apraxia of speech: an overview**. Neurocase. 2005 Dec;11(6):427-32. doi: 10.1080/13554790500263529. PMID: 16393756. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/7377292_Apraxia_of_Speech_An_overview Acesso em: 01.04.2023

ORTIZ, K. Z; MARTINS, F. C. **The relationship between working memory and apraxia of speech**. Arq Neuropsiquiatr. 2009 doi: 10.1590/S1980-57642010DN40100011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-57642010000100063&lng=en&tlng=en. Acesso em 02.10.2020.

ORTON, S. T. **Reading, Writing and Speech Problems in Children. A Presentation of Certain Types of Disorders in the Development of the Language Faculty**. New York, W. W. Norton & Company, Inc., 1937.

OZANNE, A. Childhood Apraxia of Speech. In: DODD, B. **Differential Diagnosis and Treatment of Children with Speech Disorder**. London and Philadelphia, Whurr Publishers, 2005.

PENFIELD, W.; BOLDREY, E. **Somatic Motor and Sensory Representation in the Cerebral Cortex of Man as Studied by Electrical Stimulation**. *Brain*, Volume 60, Issue 4, December 1937, Pages 389–443, <https://doi.org/10.1093/brain/60.4.389> Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1938-05711-001> Acesso em: 05.07.2024.

PENFIELD, W.; ROBERTS, L. **Speech and Brain Mechanisms**. New Jersey, Princeton University Press, 1959.

PRESTON, J. L; MOLFESE, P. J.; GUMKOWSKI, N.; SORCINELLI, A.; HARWOOD, V.; IRWIN, J.; LANDI, N. **Neurophysiology of Speech Differences in Childhood Apraxia of Speech**. *Dev Neuropsychol*. 2014 doi: 10.1080/87565641.2014.939181. PMID: 25090016; PMCID: PMC4130155. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25090016/>. Acesso em: 12.11.2020.

RACE, D. S.; HILLIS, A. B. **Naming**. 2005 In *Social Cognitive Neuroscience, Cognitive Neuroscience, Clinical Brain Mapping* (Vol. 3, pp. 455-459). Elsevier Inc.. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00267-0>.

SANTOS, N. H. M. B. **Tradução e adaptação transcultural do protocolo Kaufman Speech Praxis Test for Children (KSPT)**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Bauru, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/25/25143/tde-18112021-111352/>. Acesso em: 15 set. 2024.

SHRIBERG L. D. et. al. **A Diagnostic Marker to Discriminate Childhood Apraxia of Speech From Speech Delay: I. Development and Description of the Pause Marker**. *J Speech Lang Hear Res*. 2017 Apr 14;60(4):S1096-S1117. doi: 10.1044/2016_JSLHR-S-15-0296. PMID: 28384779; PMCID: PMC5548086. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28384779/> Acesso em: 03.05.2021.

SHRIBERG, L. D. et al. **Speech, prosody, and voice characteristics of a mother and daughter with a 7;13 translocation affecting FOXP2**. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2006, 49(4), 799–818.

SHRIBERG L. D.; ARAM D. M.; KWIATKOWSKI J. **Developmental apraxia of speech: I. Descriptive and theoretical perspectives**. *J Speech Lang Hear Res*. 1997 doi: 10.1044/jslhr.4002.273. PMID: 9130199. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Developmental-apraxia-of-speech%3A-I.-Descriptive-and-Shriberg-Aram/5022def82d1be318db3b9e5ed786db1fdd506679> Acesso em: 07.09.2020.

STOEL-GAMMON, C. **Relationships between lexical and phonological development in young children**. *J Child Lang*. 2011 Jan;38(1):1-34. doi: 10.1017/S0305000910000425. Epub 2010 Oct 18. PMID: 20950495.

STRAND, E. A. **Darley's contributions to the understanding and diagnosis of developmental apraxia of speech**. 2001 *Aphasiology*, 15(3), 291–304. <https://doi.org/10.1080/02687040042000278>. Disponível em: [Darley's contributions to the](https://doi.org/10.1080/02687040042000278)

[understanding and diagnosis of developmental apraxia of speech: Aphasiology: Vol 15, No 3 \(tandfonline.com\)](#) Acesso em 30.09.2024.

TAFT, M. **Lexical Access, Cognitive Psychology of**. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 8743–8748. 2001 doi:10.1016/b0-08-043076-7/01538-2 Acesso em 20.01.2025.

TEHAN, G.; TOLAN, G. **Word length effects in long-term memory**. Journal of Memory and Language. 2007 doi: 10.1016/j.jml.2006.08.015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222673615_Word_length_effects_in_long-term_memory Acesso em: 30.11.2020.

VARGHA-KHADEM, F. et al. **Praxic and nonverbal cognitive deficits in a large family with a genetically transmitted speech and language disorder**. Proceedings of the National Academy of Sciences, 92(3), 930–933, 1995.

VARGHA-KHADEM, F.; PASSINGHAM, R. **Speech and language defects**. Nature 346, 226, 1990.

VARGHA-KHADEM, F.; GADIAN, D. G.; COPP, A.; MISHKIN, M. **Foxp2 and the Neuroanatomy of Speech and Language**. 2005 doi: 10.1038/nrn1605. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrn1605> Acesso em: 30.09.2023.

VELLEMAN, S. L. **Lexical and phonological development in children with childhood apraxia of speech--a commentary on Stoel-Gammon's 'Relationships between lexical and phonological development in young children'**. J Child Lang. 2011 Jan;38(1):82-6. doi: 10.1017/S0305000910000498. Epub 2010 Oct 18. PMID: 20950498.

WATKINS, K. E. et al. **MRI analysis of an inherited speech and language disorder: structural brain abnormalities**. 2002 doi: 10.1093/brain/awf057. PMID: 11872605. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11872605/> Acesso em: 01.10.2024.

YOSS, K.A.; DARLEY, F.L. **Developmental Apraxia of Speech in Children with Defective Articulation**. Journal of Speech and Hearing Research, 17, 399–416. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4421901/>. Acesso em: 30.09.2024.

ANEXOS E APÊNDICES

Apêndice 1 - Caracterização dos participantes com Apraxia de Fala na Infância (AFI)

Crianças	Idade	Comorbidades (além da AFI)
F1	9	Disartria
M1	4	Transtorno do Desenvolvimento da Linguagem (TDL)
M2	4	--
M3	3	--
M4	5	TDL
M5	11	Transtorno do Espectro Autista (TEA)
M6	9	TEA
M7	7	TDL
M8	4	TDL
M9	6	TDL
M10	5	TDAH
F2	10	Fissura submucosa; alteração no gene MEIS2
M11	8	TEA

F = feminino M = masculino

UFRJ - INSTITUTO DE
PUERICULTURA E PEDIATRIA
MARTAGÃO GESTEIRA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA: um estudo experimental

Pesquisador: RENATA TEIXEIRA DA VITORIA LIBOTTI

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 68122923.4.0000.5264

Instituição Proponente: CONS NAC DE DESENVOLVIMENTO CIENTIFICO E TECNOLÓGICO

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.090.800

Apresentação do Projeto:

Este projeto de pesquisa pretende investigar a dificuldade no acesso lexical e na produção da fala da criança com Apraxia de Fala na Infância (AFI). O trabalho experimental nessa área tem sido amplamente restrito a adultos. O presente estudo pretende, portanto, estender a pesquisa a crianças. Uma vez que a principal deficiência na AFI está no planejamento e/ou programação de parâmetros espaço-temporais de sequências de movimento, um foco de pesquisa premente, ainda não atendido, diz respeito à sua relação com a memória de trabalho. Para explorar esse mecanismo, organizamos três experimentos que serão realizados em crianças apráxicas pareadas com crianças de controle neurotípico por gênero e idade.

Primeiramente, será realizado um teste de correspondência palavra-imagem para detectar o problema de decodificação cruzada com o tamanho da palavra. Ao ouvir palavras de três comprimentos: curtas (1 sílaba); médio (2 ou 3 sílabas); e longas (4 ou 5 sílabas), os participantes deverão escolher entre duas imagens – pé x pá, casa x carro, tarântula x tartaruga. O segundo é um experimento de produção com o objetivo de avaliar a capacidade da memória de trabalho. Os participantes verão uma imagem, depois ouvirão um bipe de duração variável (1500, 3000, 6000ms) e, assim que o bipe parar, eles deverão nomear a foto que viram. Posteriormente, será realizado um terceiro teste para verificar o nível de previsibilidade linguística cruzada com suporte pragmático (maior contextualização a fim de facilitar a

Endereço: Rua Bruno Lobo 50 Prédio da Pediatria IPPMG 1o andar - Ilha do Fundão

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 21.941-912

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3938-4812

E-mail: cep@ippmg.ufrj.br

**UFRJ - INSTITUTO DE
PUERICULTURA E PEDIATRIA
MARTAGÃO GESTEIRA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**



Continuação do Parecer: 6.090.800

previsibilidade) . Os participantes ouvirão uma história e terão que produzir a última palavra para completá-la. As histórias aqui serão apresentadas de forma audível em duas condições: com e sem suporte pragmático.

Para avaliar as características neurobiológicas específicas do planejamento e programação motora da fala, são necessárias ferramentas neurobiológicas mais sensíveis ao tempo, como o EEG. Os resultados desses testes comportamentais iniciais devem nos fornecer parâmetros para planejar um teste EEG-ERP de acesso lexical que possa eliciar parâmetros cronológicos importantes sobre o transtorno

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo primário:

O experimento off-line possui como objetivo primário detectar problema de memória de trabalho cruzado com o tamanho da palavra.

Objetivo secundário:

Observar o acesso lexical na produção da fala das crianças apráxicas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos aos quais os voluntários estarão expostos serão mínimos.

Apesar de se tratar de um experimento que envolve uma tarefa divertida, tendo em vista que as crianças testadas terão a ideia de estarem jogando on-line, é possível haver desengajamento devido a cansaço, desinteresse ou desistência, e diante dessas possibilidades está garantido que a criança não será forçada a permanecer na tarefa.

Além disso, há um risco mínimo comum a todas as pesquisas com seres humanos: o risco de quebra de sigilo. No entanto, a pesquisadora está tomando todas as providências para a manutenção da privacidade dos dados das crianças voluntárias. O material será armazenado em um drive próprio para a pesquisa com acesso exclusivo da pesquisadora responsável.

Benefícios:

Como o trabalho experimental nessa área tem sido amplamente restrito a adultos, o presente estudo pretende estender a pesquisa a crianças. O resultado desta pesquisa poderá servir como um instrumento para a compreensão e divulgação do tema no âmbito educacional, e pode vir a ser referência para educadores e pais de pacientes apráxicos.

Endereço: Rua Bruno Lobo 50 Prédio da Pediatria IPPMG 1o andar - Ilha do Fundão

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 21.941-912

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3938-4812

E-mail: cep@ippmg.ufrj.br

**UFRJ - INSTITUTO DE
PUERICULTURA E PEDIATRIA
MARTAGÃO GESTEIRA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**



Continuação do Parecer: 6.090.800

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisadora atendeu as pendências sugeridas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados.

Recomendações:

Recomenda-se que a pesquisadora inclua um parágrafo no capítulo "Ética", afirmando que a pesquisa encontra-se em consonância com a Resolução No 466/2012. Esta recomendação assegura todos os aspectos éticos citados no projeto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pesquisadora atendeu as pendências.

O Comitê de Ética em Pesquisa do IPPMG deliberou em Reunião Ordinária de seus membros parecer favorável à aprovação do presente projeto de pesquisa. O projeto está em consonância com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12 e com a Norma Operacional do Conselho Nacional de Saúde nº 001/13.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista as resoluções vigentes, devem ser encaminhados ao CEP-IPPMG relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1919986.pdf	05/05/2023 23:47:06		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	brochura_pesquisa_NOVO_Renata.pdf	05/05/2023 23:44:53	RENATA TEIXEIRA DA VITORIA LIBOTTI	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA_Renata.pdf	05/05/2023 23:42:57	RENATA TEIXEIRA DA VITORIA LIBOTTI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE_NOVO_Renata.pdf	05/05/2023 23:35:27	RENATA TEIXEIRA DA VITORIA LIBOTTI	Aceito

Endereço: Rua Bruno Lobo 50 Prédio da Pediatria IPPMG 1o andar - Ilha do Fundão
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-912
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-4812 **E-mail:** cep@ippmg.ufrj.br

UFRJ - INSTITUTO DE
PUERICULTURA E PEDIATRIA
MARTAGÃO GESTEIRA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO



Continuação do Parecer: 6.090.800

Ausência	TCLE_NOVO_Renata.pdf	05/05/2023 23:35:27	RENATA TEIXEIRA DA VITORIA LIBOTTI	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinada_renata.pdf	12/03/2023 14:53:23	RENATA TEIXEIRA DA VITORIA LIBOTTI	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 30 de Maio de 2023

Assinado por:
Ana Alice Amaral Ibiapina Parente
(Coordenador(a))

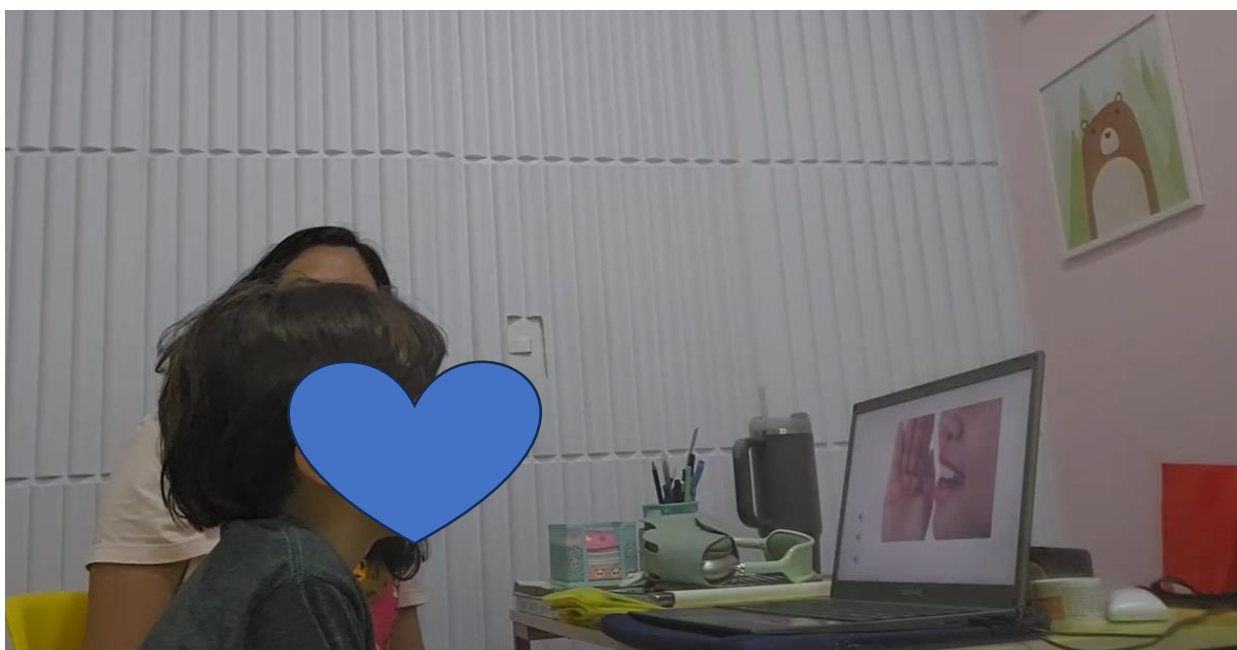
Endereço: Rua Bruno Lobo 50 Prédio da Pediatria IPPMG 1o andar - Ilha do Fundão
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-912
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-4812 **E-mail:** cep@ippmg.ufrj.br

Anexo 2 - Fotos dos experimentos

Teste 1



Teste 2



Teste 3



UFRJ

TCLE - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisadora Responsável: Renata Teixeira da Vitória Libotti

Telefone: (21) 99883-6795

E-mail: renatavitoria@letras.ufrj.br

Programa de pós-graduação em linguística – UFRJ

A criança _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa denominada: **Acesso lexical na Apraxia de Fala na Infância: um estudo experimental.**

O ato de falar é algo surpreendente. A fala envolve nosso cérebro, nossa boca, língua, mandíbula, os músculos que estão ao redor dessas partes e os caminhos do cérebro até esses músculos. Falar, portanto, é um grande desafio para as crianças com Apraxia²³. A Apraxia de Fala na Infância é um transtorno que afeta a habilidade da criança em produzir e sequenciar os sons da fala. A criança sabe o que quer dizer, mas seu cérebro falha ao planejar a sequência de movimentos para produzir os sons que formam as sílabas, palavras e frases. Este projeto de pesquisa tem como objetivo: compreender a dificuldade no acesso de palavras e na produção da fala da criança com Apraxia de Fala na Infância (AFI) a partir de participantes voluntários que apresentam tal diagnóstico. Através da análise dos dados obtidos, será possível avaliar a relação entre a memória de trabalho (componente que permite o armazenamento temporário de informação com capacidade limitada) e a dificuldade na produção da fala da criança com AFI, através de participantes com AFI com idade de 3 a 11 anos, em comparação com seus pares neurotípicos, ou seja, outras crianças com desenvolvimento esperado, sem AFI.

Este trabalho se justifica, pois na clínica fonoaudiológica fica evidente que a

²³ <https://www.youtube.com/watch?v=uCkTPSfJGic>

difficuldade por parte da criança apráxica tem a ver com o tamanho da palavra. Quanto maior a palavra, mais programações motoras o cérebro tem que enviar para a boca, ou seja, maior esforço essa criança terá que fazer.

A participação da criança, sob sua responsabilidade, nesse estudo, será no sentido de verificar quanto tempo a criança guarda uma informação dada para depois repeti-la. O teste será aplicado em crianças que já apresentam diagnóstico para AFI e em crianças que não apresentam nenhum transtorno (neurotípicas), com idade e sexo semelhantes. No teste experimental, os participantes responderão a três pequenas tarefas, que serão gravadas em áudio para posterior análise qualitativa:

1. Teste de Nomeação de Figuras: a criança ouvirá uma palavra e escolherá, dentre três imagens, aquela que corresponde à palavra ouvida.
2. Teste de Produção: a criança verá uma imagem e deverá falar o nome do que viu assim que parar o *beep*.
3. Teste de Expectativa: a criança ouvirá duas frases e terá que completar a última palavra em cada uma delas.

Como o trabalho experimental nessa área tem sido amplamente restrito a adultos, a participação da criança, sob sua responsabilidade, nessa pesquisa permitirá estender a pesquisa a crianças. O resultado dessa pesquisa poderá servir como um instrumento para a compreensão e divulgação do tema na área da educação, e pode vir a ser referência para educadores e pais de crianças apráxicas. Não serão publicados quaisquer dados que comprometam o sigilo da participação dos integrantes dessa pesquisa.

Serão tomadas cautela e providências para evitar as situações que possam causar desconforto à criança, tendo em vista que o objetivo é que a tarefa seja divertida e interessante para o participante. Além disso, fica garantido que caso a criança manifeste qualquer sinal de desconforto e prefira desistir da participação, ela não será, de forma alguma, forçada a permanecer na participação da tarefa, não havendo quaisquer prejuízos nem para a criança e nem para o responsável. Não haverá perda de confidencialidade em relação aos resultados dos testes realizados para outras pessoas que não os responsáveis. Será realizada 1 sessão de no máximo 40 minutos com cada

criança participante no Laboratório de Acesso Sintático (ACESIN) da UFRJ, Rio de Janeiro/ RJ, Campus Ilha do Fundão. A aplicação do teste não comprometerá quaisquer tratamentos que a criança já realize, havendo total independência entre as terapias realizadas e a participação da criança na pesquisa.

A privacidade da criança será respeitada, ou seja, o nome ou qualquer outro dado, ou elemento que possa, de qualquer forma, identificá-lo, será mantido em sigilo. Você poderá recusar a participação da criança no estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar. Por desejar sair da pesquisa, a criança não sofrerá qualquer prejuízo. É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queira saber antes, durante e depois da participação. O (a) Sr.(a) está sendo orientado(a) quanto ao teor de tudo aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do referido estudo, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, pela participação. No entanto, caso tenha qualquer despesa de transporte (ônibus, trem e/ou metrô) decorrente da participação da criança na pesquisa, haverá ressarcimento mediante a apresentação dos respectivos comprovantes. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da participação da criança no estudo, será devidamente indenizado, conforme determina a Lei. O (a) Sr. (a) e a criança participante da pesquisa poderão ter acesso aos resultados. Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo deve ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa do IESC – Campus da UFRJ Fundão - Avenida Horácio de Macedo S/N Cidade Universitária, sala ao lado da secretaria de pós-graduação – Telefone: (21) 39382598– Email: cep@iesc.ufrj.br. O CEP é um Comitê de Ética em Pesquisa criada para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de seus padrões éticos.

Para quaisquer dúvidas, entrar em contato com:

Renata Teixeira da Vitória Libotti – Universidade Federal do Rio de Janeiro

F: 99883-6795 - Email: renatavitoria@letras.ufrj.br

Agradecemos sua colaboração ao participar desta pesquisa. Se desejar ser informado sobre este estudo, envie uma mensagem e informaremos sobre os resultados alcançados.

Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique o fato ao Comitê de Ética em Pesquisa do IPPMG –Rua Bruno Lobo 50 Prédio da Pediatria IPPMG 1o andar - Ilha do Fundão

Telefone: (21)3938-4812

Email: cep@ippmg.ufrj.br

O Termo de Consentimento será emitido em duas cópias, ficando uma em poder do responsável e outra da pesquisadora.

Eu, _____, autorizo o menor _____, pelo(a) qual sou responsável, a participar da pesquisa intitulada **Acesso lexical na Apraxia de Fala na Infância: um estudo experimental**. Fui informado (a) dos objetivos do estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participação da criança pelo qual sou responsável.

Rio de Janeiro, ____ de ____ de ____.

Assinatura do responsável

Renata Teixeira da Vitória (pesquisadora)
(Doutoranda em linguística / UFRJ)

Para quaisquer dúvidas, entrar em contato com:

Renata Teixeira da Vitória Libotti – Universidade Federal do Rio de Janeiro

F: 99883-6795 - Email: renatavitoria@letras.ufrj.br

Agradecemos sua colaboração ao participar desta pesquisa. Se desejar ser informado sobre este estudo, envie uma mensagem e informaremos sobre os resultados alcançados.

Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique ofato ao Comitê de Ética em Pesquisa do IPPMG – Rua Bruno Lobo 50 Prédio da Pediatria IPPMG 1o andar - Ilha do Fundão

Telefone: (21)3938-4812

Email: cep@ippmg.ufrj.br



UFRJ

TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Eu, Renata Teixeira da Vitória Libotti²⁴, CPF 080.816.097-41, responsável principal pelo projeto de pesquisa “ACESSO LEXICAL NA APRAXIA DE FALA NA INFÂNCIA: um estudo experimental”, venho pelo presente, solicitar vossa autorização para realizar a pesquisa do grupo com crianças apráxicas, deste projeto de pesquisa neste espaço.

Este projeto de pesquisa tem como objetivo compreender a dificuldade no acesso de palavras e na produção da fala da criança com Apraxia de Fala na Infância (AFI) a partir de participantes voluntários que apresentam tal diagnóstico. Através da análise dos dados obtidos, será possível avaliar a relação entre a memória de trabalho (componente que permite o armazenamento temporário de informação com capacidade limitada) e a dificuldade na produção da fala da criança com AFI, através de participantes com AFI, em comparação com seus pares neurotípicos, ou seja, outras crianças com desenvolvimento esperado, sem AFI. A participação é voluntária, não sendo fornecido qualquer tipo de remuneração.

A qualquer momento é possível solicitar esclarecimento sobre o desenvolvimento do projeto de pesquisa que está sendo realizado e, sem qualquer tipo de cobrança, poderá retirar sua autorização. Os dados obtidos nesta pesquisa serão utilizados na publicação de artigos científicos, não sendo publicado qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes dessa instituição.

²⁴ Para quaisquer dúvidas, entrar em contato com:

Renata Teixeira da Vitória Libotti – Universidade Federal do Rio de Janeiro F: 99883-6795 - Email: renatavitoria@letras.ufrj.br

Agradecemos sua colaboração ao participar desta pesquisa. Se desejar ser informado sobre este estudo, envie uma mensagem e informaremos sobre os resultados alcançados.

Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique o fato ao Comitê de Ética em Pesquisa do IESC – Campus da UFRJ Fundão – Avenida Horácio de Macedo S/N Cidade Universitária, sala ao lado da secretaria de pós-graduação – Telefone: (21) 39382598– Email: cep@iesc.ufrj.br

Serão tomadas cautela e providências para evitar as situações que possam causar desconforto à criança, tendo em vista que o objetivo é que a tarefa seja divertida e interessante para o participante. No entanto, levando em consideração a fragilidade do grupo participante, caso necessário, será solicitado que a fonoaudióloga da criança permaneça em sala junto da criança e da pesquisadora, para que dessa forma, a criança se sinta mais segura. Além disso, fica garantido que caso a criança manifeste qualquer sinal de desconforto e prefira desistir da participação, a mesma não será, de forma alguma, forçada a permanecer na participação da tarefa, não havendo quaisquer prejuízos nem para a criança e nem para o responsável que estará junto da criança. Não haverá perda de confidencialidade em relação aos resultados dos testes realizados para outras pessoas que não os responsáveis. Apesar de se tratar de um experimento que envolve uma tarefa divertida, tendo em vista, que as crianças testadas terão a ideia de estarem jogando on-line, é possível haver desengajamento devido a cansaço, desinteresse ou desistência, e diante dessas possibilidades está garantido que a criança não será forçada a permanecer na tarefa. Será realizada 1 sessão de 40 minutos com cada criança participante, na clínica, onde as crianças já fazem o tratamento, sendo este um ambiente familiar para elas. A própria instituição (Espaço Brincar de Falar) disponibilizará uma sala para aplicação da tarefa.

Autorização Institucional

Eu, _____ (nome legível) responsável pela instituição _____ (nome legível da instituição) declaro que fui informado dos objetivos da pesquisa acima, e concordo em autorizar a execução da mesma nesta instituição. Caso necessário, a qualquer momento como instituição CO-PARTICIPANTE desta pesquisa poderemos revogar esta autorização, se comprovada atividades que causem algum prejuízo à esta instituição ou ainda, a qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes desta instituição. Declaro também, que não recebemos qualquer remuneração por esta autorização, bem como os participantes também não receberão qualquer tipo de pagamento.

Rio de Janeiro,

Responsável pela Instituição

Pesquisadora responsável