

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
Programa de Pós-Graduação em
Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

CLAUDIA SIMÕES PINTO DA CUNHA LIMA

**MODELO DE RASTREABILIDADE DA AFASIA: sob a
perspectiva da reabilitação**

Salvador

2023

CLAUDIA SIMÕES PINTO DA CUNHA LIMA

**MODELO DE RASTREABILIDADE DA AFASIA: sob a
perspectiva da reabilitação**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Valter de Senna.

Orientadora: Prof.^a Dr^a Ingrid Winkler.

Salvador

2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

L732m Lima, Cláudia Simões Pinto da Cunha

Modelo de rastreabilidade da afasia: sob a perspectiva da reabilitação /
Cláudia Simões Pinto da Cunha Lima. – Salvador, 2023.

84 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Valter de Senna.
Coorientadora: Prof.^a Dra. Ingrid Winkler.

Tese (Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial) –
Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador,
2023.

Inclui referências.

1. Afasia. 2. Eletroencefalografia. 3. Ativação cerebral. 4. Monitoramento de
sinais biomédicos. 5. Reabilitação da linguagem. I. Centro Universitário SENAI
CIMATEC. II. Senna, Valter de. III. Winkler Ingrid. IV. Título.

CDD 616.8552

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, leu e aprovou a Tese de doutorado, intitulada “**MODELO DE RASTREABILIDADE DA AFASIA: sob a perspectiva da reabilitação**”, apresentada no dia 24 de julho de 2023, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Doutora em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial.

Electronically signed by:
VALTER de Senna
CPF: ***.290.367-**
Date: 7/30/2023 11:12:16 PM -03:00

Orientador:

Prof. Dr. Valter de Senna
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
INGRID Winkler
CPF: ***.486.968-**
Data: 31/07/2023 11:52:37 -03:00

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Ingrid Winkler
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Camila de Sousa Pereira Guizzo
CPF: ***.843.378-**
Data: 31/07/2023 19:48:28 -03:00

Membro Interno:

Prof.^a Dr.^a Camila de Sousa Pereira-Guizzo
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Renelson Ribeiro Sampaio
CPF: ***.051.205-**
Data: 30/07/2023 18:02:43 -03:00

Membro Interno:

Prof. Dr. Renelson Ribeiro Sampaio
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Kelly Cristina de Souza Fernandes
CPF: ***.107.278-**
Data: 03/08/2023 07:53:03 -03:00

Membro Externo:

Prof.^a Dr.^a Kelly Cristina de Souza Fernandes
CEPRED/BA

Assinado eletronicamente por:
José Garcia Vivas Miranda
CPF: ***.521.995-**
Data: 30/07/2023 18:31:29 -03:00

Membro Externo:

Prof. Dr. José Garcia Vivas Miranda
UFBA

Dedico este trabalho ao meu esposo André
e aos meus filhos Thaís e Bruno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e resiliência ao longo deste estudo. Obrigada pela energia que diariamente precisei para trabalhar e seguir em frente.

Agradeço ao meu esposo André, a quem amo muito e que esteve ao meu lado durante o percurso deste estudo, que me ajudou com sua experiência, tranquilidade e amor nas horas mais difíceis. Obrigada por acreditar em mim, mesmo quando eu mesma duvidei. Por orientar meu rumo mostrando a direção do vento, e por me ajudar a içar as velas para mais rápido chegar. E diante das tormentas, obrigada por estar comigo rizando as velas, um pouco mais, ou menos, até o mar sossegar.

Agradeço a minha filha Thaís, que mesmo distante fisicamente, se fez presente acompanhando cada etapa vencida. Ouvi de tudo de: “mamis vai dar tudo certo” até “mamãe está quase acabando”. Saiba que te amo muito filhota, e você também pode contar comigo ao longo do seu doutorado.

Agradeço ao meu filho Bruno, que com abraços e beijos me confortaram, durante as longas horas na frente do computador. Tenho muito orgulho de ver o seu crescimento, mesmo sem poder, nestes últimos tempos, compartilhá-lo como você merecia.

Agradeço aos meus pais, Humberto e Marisa pelo carinho, preocupação e pela insistência de que eu precisava tomar “complexo de vitaminas” para conseguir trabalhar tantas horas. À minha irmã Márcia, pelos momentos de desabafo e palavras de conforto. Ao meu sogro Ivan e sogra Dera, pelo carinho, força e momentos de descontração. Aos meus cunhados, sobrinhos que sempre perguntavam como estava o andamento da pesquisa, afinal quando termina?

Agradeço ao meu orientador, professor Valter que com muita tranquilidade e confiança me deixou seguir com os estudos. Obrigada pelas orientações, apoio e conhecimento compartilhado.

Agradeço à minha orientadora, professora Ingrid pelas instruções e sugestões de participações em grupos de pesquisa, bem lá no início do curso, sem dúvida aqueles momentos foram especiais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço ao CEPRED por ter abraçado o meu projeto de pesquisa, por ter designado um grupo de profissionais de saúde tão competentes e atenciosos. Em especial agradeço à Sarah pelas longas horas de conversas, dúvidas sobre os testes aplicados aos afásicos e coleta de dados. Desde a minha primeira reunião presencial no centro

de reabilitação, fiquei encantada e feliz de ver o atendimento de excelência que é dado aos pacientes afásicos. Não apenas aos pacientes, mas à toda família do paciente. Agradeço a todos os pacientes afásicos que participaram deste estudo e que mudaram minha maneira de olhar o mundo. Obrigada pela participação, pela disponibilidade de colaborar mesmo diante das limitações. Obrigada pelo carinho como me receberam, obrigada pela confiança que depositaram no meu estudo.

Agradeço a todo o corpo docente do CIMATEC, por fazer parte do meu processo de amadurecimento enquanto aluna de doutorado e pesquisadora. Pelos questionamentos feitos ao meu estudo, que sem dúvida, impactaram positivamente.

Agradeço a Julie pelo carinho, mensagens de orientações sobre os processos do curso. Seu apoio foi muito importante em cada etapa. Obrigada.

Agradeço ao professor Alex pela atenção, simpatia e cuidado com os tramites de bolsa, relatórios, e demais processos.

Agradeço à banca examinadora, que se colocou disponível para analisar este trabalho e contribuir para a melhoria deste.

Agradeço a todos os colegas, em especial a Cleonidas e Rafael pelos momentos de estudo e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo apoio a esta pesquisa.

RESUMO

Afasia é um distúrbio da linguagem provocado por uma lesão ou disfunção no cérebro e afeta diretamente a comunicação do indivíduo. A causa mais comum da afasia é o Acidente Vascular Cerebral (AVC ou derrame) e o Traumatismo Cranioencefálico (TCE), principalmente no hemisfério esquerdo, onde a função linguística é geralmente situada. Cerca de um terço das pessoas que tiveram AVC desenvolvem afasia. A gravidade da afasia muda ao longo do tempo e alguns aspectos da linguagem podem melhorar, enquanto outros permanecem comprometidos. O indivíduo afásico deve ser submetido a tratamento com estimulação da linguagem. Normalmente, a reabilitação envolve estratégias de treinamento com bateria de tarefas linguísticas, no entanto, o monitoramento do afásico é difícil de ser alcançado. O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo de rastreabilidade da afasia, na perspectiva de subsidiar a atuação dos profissionais da saúde durante o processo de reabilitação. Com a perspectiva de aplicação em ambiente de reabilitação, fora do ambiente hospitalar, o Modelo de Apoio à Reabilitação da Afasia (MARA) foi desenvolvido neste estudo, tendo na sua essência três pilares: a acessibilidade diária (custo e a mobilidade do equipamento), a usabilidade (facilidade no uso do equipamento-terapia) e se a tecnologia é invasiva ou não para o paciente. Adotou-se o protocolo de avaliação de linguagem, desenvolvido pela Sociedade Americana de Neuroradiologia Funcional, que inclui quatro tarefas: completar sentença, geração de palavras silenciosas, rima e nomeação de objetos. E para coleta dos sinais cerebrais usou-se um eletroencefalograma portátil. A amostra foi composta por pessoas afásicas com compreensão preservada, hemiparesia direita e hemisfério esquerdo lesado por AVC. Foram analisados quatro eletrodos (F3/F7 e F4/F8) correspondentes ao córtex frontal esquerdo e direito. Observou-se aumento da ativação elétrica no hemisfério não dominante da linguagem. Isso pode estar revelando uma migração de linguagem, processamento contralateral. Este resultado é muito interessante pois a ideia é quem migra a função para o outro lado, recupera mais a linguagem. Pelos resultados encontrados, sugere-se que o modelo de rastreabilidade pode ser utilizado na reabilitação da afasia de pacientes com AVC, porém a lateralidade da lesão e a presença de hemiparesia, devem ser consideradas na análise dos resultados.

Palavras-chave: Afasia; Eletroencefalografia; Ativação Cerebral; Monitoramento de Sinais Biomédicos; Reabilitação da linguagem.

ABSTRACT

Aphasia is a language disorder caused by injury or dysfunction in the brain and directly affects the individual's communication. The most common cause of aphasia is stroke and traumatic brain injury (TBI), mainly in the left hemisphere, where language function is usually located. Approximately one-third of people who have had a stroke develop aphasia. The severity of aphasia changes over time, and some aspects of language may improve, while others remain compromised. The aphasic individual should receive treatment with language stimulation. Typically, rehabilitation involves training strategies with a battery of language tasks, however, monitoring the aphasic is difficult to achieve. In this study, the objective is the development of a model of aphasia tracking, with the perspective of subsidizing the performance of health professionals during the rehabilitation process. With the perspective of application in other rehabilitation and clinical areas, outside the hospital environment, the Aphasia Rehabilitation Support Model (MARA) developed in this study, has three pillars at its core: daily accessibility (cost and mobility of the equipment), usability (ease of use of the therapy equipment) and if the technology is invasive or not for the patient. We adopted the language assessment protocol developed by the American Society of Functional Neuroradiology, which includes four tasks: sentence completion, silent word generation, rhyming and object naming. A portable electroencephalogram was used to collect brain signals. The sample was composed of aphasic people with preserved comprehension, right hemiparesis, and left hemisphere damaged by stroke. Four electrodes (F3/F7 and F4/F8) corresponding to the left/right frontal cortex were analyzed. We observed increased electrical activation in the non-language dominant hemisphere. This may be revealing a migration of language, contralateral processing. This result is very interesting because the idea is that whoever migrates function to the other side, recovers more language. The results found suggest that the tracking model can be used in the rehabilitation of aphasia in stroke patients, but the laterality of the lesion and the presence of hemiparesis should be considered when analyzing the results.

Keywords: Aphasia; Electroencephalography; Brain Activation; Biomedical Signal Monitoring; Language Rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Emotiv Epoc +	38
Figura 2. Localização dos eletrodos no sistema 10-20 e área cerebral.	39
Figura 3. Interface evidenciando boa conexão dos eletrodos.	39
Figura 4. Modelo de Apoio à Reabilitação da Afasia (MARA).	41
Figura 5. Experimentação das Tarefas.	42
Figura 6. Coleta de Dados.....	43
Figura 7. Filtro aplicado no canal F7 - domínio do tempo e da frequência.	45
Figura 8. Esquema do processamento de Dados.	46
Figura 9. Reabilitação Personalizada e Monitorada.	47
Figura 10. Exemplo Tarefa 2.....	49
Figura 11. Exemplo Tarefa 3.....	50
Figura 12. Participante realizando a tarefa4.....	50
Figura 13. Exemplos da Tarefa de Nomeação de Objetos.....	51
Figura 14: Composição da amostra	52
Figura 15. Exemplos do sinal em janelas -T1.....	55
Figura 16. Exemplos de ativação cerebral por eletrodo	56
Figura 17. Exemplos da diferença na ativação elétrica entre hemisférios -T1.	57
Figura 18. Ativação cerebral de participantes do gênero masculino	58
Figura 19. Ativação cerebral média: diferença entre hemisférios -T1.	59
Figura 20. Maior ativação do hemisfério direito - T2.	60
Figura 21. Maior ativação do hemisfério direito, 3 a 4 frequências - T2.....	61
Figura 22. Maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo - T2.....	61
Figura 23. Maior ativação do hemisfério direito - T3.	62
Figura 24. Maior ativação do hemisfério direito, 3 a 4 frequências - T3.....	62
Figura 25. Maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo - T3.....	63
Figura 26. Maior ativação do hemisfério direito – T4.....	64
Figura 27. Maior ativação do hemisfério direito, 2 a 4 frequências - T4.....	65
Figura 28. Maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo – T4.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de Afasia	21
Tabela 2. AVC no Brasil (óbitos)	23
Tabela 3. Categorias teóricas	27
Tabela 4. Protocolo de avaliação de linguagem adulto - Bateria de tarefas	30
Tabela 5. Descrição dos pacientes.	36
Tabela 6. Técnicas usadas no pré-processamento dos dados	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF - Antero Frontal

ARPEN - Associação Nacional dos Registradores de Pessoas Naturais

ASFNR – *American Society of Functional Neuroradiology*

AVC - Acidente Vascular Cerebral

BCI - *Brain Computer Interface*

BDAE - *Diagnostic Aphasia Examination*

BVS - Biblioteca Virtual em Saúde

CAA - Comunicação Aumentativa e Alternativa

CAAE - Certificado de Apresentação de Apreciação Ética

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa

CEPRED - Centro Estadual de Prevenção e Reabilitação da Pessoa com Deficiência

CIMATEC - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia

CNS - Conselho Nacional de Saúde

COVID-19 - *Corona Virus Disease*

CSV - *Comma-separated values*

DC – *Direct Current*

DECS - Descritores em Ciências da Saúde

ECoG - Eletrococleografia

EEG – Eletroencefalografia

EMG - Eletromiografia

ERP - *Event-related potentials*

F – Frontal

FC – Fronto-Central

FFT - *Fast Fourier Transform*

FIR - *Finite Impulse Response*

FMIR - *Functional Magnetic Resonance Imaging*

fNIRS – *Functional Near- Infrared Spectroscopy*

HZ – Hertz

IA – Inteligência Artificial

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDE - *Integrated Development Environment*

IIR - *Infinite Impulse Response*

LHE – Lesão em Hemisfério Esquerdo
M - Mastoide
MARA - Modelo de Apoio à Reabilitação da Afasia
MATLAB - *MaTrix Laboratory*
MEG - Magnetoencefalografia
MESH - *Medical Subject Headings*
ML – *Machine Learning*
MTL-BR – Montreal Toulouse Brazil
O - Occipital
OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde
P - Parietal
PNS- Pesquisa Nacional de Saúde
RMF - Ressonância Magnética Funcional
RMS - *Root Mean Square*
RT-fMRI - *Real Time Functional MRI*
SESAB - Secretaria da Saúde do Estado da Bahia
SIPD - Sistema Integrado de Pesquisas Domiciliares
SLT - *Speech and language therapy*
SNC - Sistema Nervoso Central
SUS - Sistema Único de Saúde
T - Temporal
TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	19
1.1.1	Objetivo Geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
1.2	Organização do Documento	19
2	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	Afasia	20
2.2	Acidente Vascular Cerebral: principal causa da Afasia	22
2.3	Reabilitação da Afasia	23
2.4	Protocolo de linguagem	28
2.5	EEG	30
3	Materiais e Métodos	34
3.1	Caracterização da pesquisa	34
3.2	Local da Pesquisa	35
3.3	População e amostra	35
3.4	Critérios de inclusão	35
3.5	Critérios de exclusão	35
3.6	Critérios de descontinuidade no estudo	36
3.7	Amostra	36
3.8	Aspectos Éticos	37
3.9	Instrumentos da pesquisa: EEG	38
3.10	O Modelo	40
3.10.1	Detalhamento do Modelo	42
	Etapa 1: Experimentação	42
	Etapa 2: Coleta de dados	42

Etapa 3: Importação dos Sinais (e pré-processamento)	43
Etapa 4: Pós-processamento	46
Etapa 5: Apoio na Reabilitação Personalizada e Monitorada	46
3.11 As Tarefas usada na avaliação de linguagem	47
3.11.1 Tarefa 1: Completar Sentenças.	47
3.11.2 Tarefa 2: Geração de Palavras Silenciosas	48
3.11.3 Tarefa 3: Rima	49
3.11.4 Tarefa 4: Nomear Objetos	50
4 Resultados e Discussão	51
4.1 Caracterização da amostra	51
4.2 Avaliação do Procedimento Experimental	53
4.3 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 1 (T1)	55
4.4 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 2 (T2)	60
4.5 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 3 (T3)	61
4.6 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 4 (T4)	63
4.7 Contribuições do estudo	66
4.8 Vantagens e Limitações do Estudo	67
5 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	76
ANEXO A - PROTOCOLO DE PESQUISA PARA AVALIAÇÃO DE LINGUAGEM	78
PRODUÇÃO CIENTÍFICA	84

1 INTRODUÇÃO

A afasia é uma condição decorrente de uma lesão no cérebro, comumente no hemisfério esquerdo, onde a função linguística é geralmente situada, e frequentemente causada por Acidente Vascular Cerebral (AVC). Esta etiologia é mais comum em idosos do que em jovens, e deixa como sequelas lesões circunscritas e, muitas vezes, permanentes no cérebro. Outras doenças também podem ocasionar afasias, como tumores, traumatismos, doenças degenerativas ou metabólicas (FONTANESI e SCHMIDT, 2016). “Aproximadamente um terço das pessoas que têm um AVC experimentam afasia” (Brady, 2016).

Geralmente a lesão cerebral é focal. A pessoa pode deixar de falar e de entender as pessoas à sua volta, ou pode compreender, mas não consegue fazer-se entender. Em outros casos pode elaborar frases, mas não emprega artigos e termos de ligação, o que deixa a mensagem confusa. Pode perder a capacidade de nomear coisas, objetos, ficando sem o domínio da palavra, por exemplo para nomear um objeto (mesa) ou um animal (cavalo). Isso significa que a lesão cerebral afetou a área responsável pelo controle da linguagem e os sintomas variam de pessoa para pessoa. Com a capacidade de comunicação alterada, os afásicos limitam as interações sociais, e isso contribui para o isolamento e acometimento da depressão. Fatores que impactam fortemente na qualidade de vida do indivíduo.

“A incidência de AVC aumenta com a idade e é maior nos homens do que nas mulheres” (Mattioli, 2019). A gravidade da afasia “pode mudar ao longo do tempo e aspectos únicos do comprometimento da linguagem podem melhorar, enquanto outros permanecem comprometidos” (Mattioli, 2019). A afasia afeta de forma dramática as atividades do cotidiano dos pacientes e de suas famílias. Por essa razão, é essencial que se tenha uma reabilitação eficaz.

Um aspecto importante para a reabilitação da afasia, é a questão do tempo, ou melhor, de quando se deve iniciar a terapia em relação ao início do AVC. Tem-se amplamente na literatura que a reabilitação precoce é indicada. No entanto, segundo estudo desenvolvido por Doogan (2018), essa é a recomendação internacional em uma série de diretrizes clínicas, pois está baseada na “noção de uma janela de plasticidade que é aberta pela isquemia recente”, mas enfatiza que em experimentos com animais para a recuperação motora, mas não está evidente para os humanos.

Assim, Doogan(2018) revela que “o início do tempo não está relacionado à

resposta ao tratamento para afasia” e que deve-se “evitar simplesmente assumir que quanto mais cedo melhor” e conclui que não há motivo para “restringir a terapia aos primeiros meses após o AVC, como parece acontecer na maioria dos sistemas de saúde ocidentais”. Isto significa que o tempo de reabilitação é inerente a cada paciente, ou seja, precisa ser individualizado.

Um outro aspecto importante para a afasia são os instrumentos usados para a reabilitação. No estudo de Mekaru (2014) chamou-se a atenção de que, mesmo no ambiente hospitalar há “escassez de métodos e instrumentos para avaliação e evolução, do tratamento fonoaudiológico” e que isso traria benefícios para o paciente, para a família e para a equipe que realiza o tratamento, seja para o resgate ou adaptação das capacidades residuais de expressão e comunicação.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, as interfaces cérebro-computador, projetadas para registrar a atividade do cérebro, capturam informações do Sistema Nervoso Central (SNC) e enviam para fora do corpo, podendo ativar outros dispositivos ou aplicativos (ZAPATA et al., 2018). Para o registro da atividade do cérebro vê-se diferentes técnicas sendo implementadas a exemplo da Ressonância Magnética funcional (fMRI- *Functional Magnetic Resonance Imaging*), Espectrografia Funcional de Infravermelho Próximo (fNIRS- *functional Near-Infrared Spectroscopy*), Eletrococleografia (EcoG), Magnetoencefalografia (MEG) e Eletroencefalografia (EEG), no entanto alguns desses métodos tem alto custo e possuem pouca mobilidade por ser muito robusta.

Embora a ressonância magnética funcional em tempo real (RT-fMRI) seja usada como estratégia de neurofeedback para melhorar a ativação nas áreas de linguagem de pacientes com AVC e afasia, essa estratégia requer muitas horas de treinamento e o sistema não é portátil, tornando o custo alto. É possível ativar regiões específicas de estudo usando método de menor custo e portátil, como sistema baseado em Eletroencefalografia (EEG), que pode ser viável para a reabilitação (SREEDHARAN, 2019).

O acompanhamento da reabilitação, ao longo do processo terapêutico, em geral se dá, com a repetição dos testes linguísticos e evolução das respostas a esses testes. Faltam estudos que analisem a aplicabilidade de instrumentos acessíveis, fora do ambiente hospitalar, que possa apoiar o profissional da saúde no monitoramento da reabilitação da afasia.

Considerando que este trabalho foi desenvolvido no Centro Estadual de Prevenção e Reabilitação da Pessoa com Deficiência (CEPRED) do Sistema Único de Saúde (SUS), de referência do estado da Bahia-Brasil, e diante dos escassos recursos financeiros e humanos, buscou-se responder a seguinte questão: Como o EEG pode contribuir com a reabilitação do afásico, usando o processo terapêutico convencional?

Temos a hipótese de que investigando a ativação elétrica cerebral e as frequências das ondas, durante a execução dos testes de linguagem, poderemos analisar se há ativação em área não dominante da linguagem.

Na literatura, vê-se estudos sobre a afasia aplicando o EEG no domínio da memória de curto prazo e memória de trabalho (CHRISTENSEN, 2018; SALIS, 2015; CHOINSKI, 2020). No entanto, para a execução de tarefas linguísticas com foco no acompanhamento da reabilitação ainda não foi sistematicamente investigada.

Assim, neste estudo foi desenvolvido um modelo de rastreabilidade da afasia na perspectiva de subsidiar a atuação dos profissionais da saúde durante o processo de reabilitação. O modelo poderá servir de apoio ao aprimoramento do processo terapêutico.

Com a perspectiva de aplicação em outros ambientes de reabilitação e clínica, o modelo tem na sua essência três pilares: a acessibilidade diária (a mobilidade do equipamento), a usabilidade (facilidade no uso do equipamento-terapia) e se a tecnologia é invasiva ou não para o paciente.

No Brasil, os dados demonstram que “os sobreviventes de AVC que mais enfrentam a depressão e os baixos índices de qualidade de vida são aqueles que apresentam déficits de comunicação” (ABREU, 2021).

Diante do contexto apresentado, o desenvolvimento deste estudo justifica-se, tem relevância e impacto para as pessoas acometidas pela afasia e para as famílias que precisam acompanhar todo o processo de recuperação adaptando as rotinas diárias para atender às novas necessidades.

Tem relevância e impacto também para a rotina dos profissionais da saúde, em especial para o fonoaudiólogo, que precisa de instrumentos para acompanhar o processo de reabilitação do paciente, ao mesmo tempo que precisa lidar com as particularidades de cada pessoa, estimulando a participação dos envolvidos (paciente e família) e evitando o abandono do tratamento.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em seres humanos do Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC) – Senai e aprovação pela Secretaria da Saúde do Estado da Bahia (SESAB).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é desenvolver um modelo de rastreabilidade da afasia, na perspectiva de subsidiar a atuação dos profissionais da saúde durante o processo de reabilitação.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir procedimento experimental, levando em consideração a aplicabilidade em centros de reabilitação;
- Coletar sinais eletroencefalográficos de afásicos, por meio do EEG;
- Analisar os sinais eletroencefalográficos de pacientes afásicos.

1.2 Organização do Documento

Este trabalho está organizado em cinco partes. Iniciando com a introdução, para contextualizar o tema da pesquisa, a relevância do estudo, o objetivo geral e os objetivos específicos. A seção 2 traz a revisão da literatura apresentando a afasia, os tipos, o AVC como causa mais comum e uma visão da realidade do Brasil. Mostra como se dá a reabilitação da afasia, a variedade de técnicas que são usadas, os protocolos de linguagem e o EEG. Na terceira seção deste documento são apresentados os materiais e métodos, caracterizando a pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão dos voluntários, a amostra, os aspectos éticos, o EEG, o modelo com o detalhamento das etapas e por fim as tarefas usadas na avaliação de linguagem. Na quarta seção, evidenciamos os resultados alcançados com a execução das tarefas. E por fim, na quinta seção apresentamos as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A estimativa de como a afasia evolui em cada paciente é “uma tarefa assustadora”, pois é preciso considerar variáveis que estão interrelacionadas, como afirmam Plowman, Hentz & Ellis (2012). Essas variáveis são específicas do paciente e incluem, por exemplo: a idade, o gênero, o nível educacional, a motivação, depressão, apoio da família, atitudes em relação aos cuidados da saúde e acesso ao tratamento. E as variáveis específicas do AVC que, segundo os mesmos autores, incluem “local da lesão, tamanho da lesão, tipo de afasia, padrão de recuperação e gravidade inicial da afasia”.

As alterações de linguagem produzidas pela afasia afetam gravemente a comunicação do indivíduo, as interações sociais e a qualidade de vida dos pacientes. Os fatores emocionais e psicossociais têm também impacto acentuado na recuperação da afasia. Pessoas com estado de humor positivo, motivadas e engajadas respondem melhor ao processo da terapia do que aquelas que estão deprimidas (CODE e HERRMANN, 2003).

O diagnóstico é clínico e inclui testes neuropsicológicos, avaliação neurológica com exames de imagens cerebrais, a exemplo de ressonância magnética ou tomografia computadorizada (POMMEREHN; DELBONI; FEDOSSE, 2016). O Processo avaliativo envolve o uso de instrumentos de exame linguístico e “deve abordar diferentes níveis e componentes linguísticos, dentre eles compreensão e expressão, tanto oral como escrita, considerando-se, ainda, forma, conteúdo e uso da linguagem, nos níveis da palavra, sentença e discurso” (PAGLIARIN et al., 2013).

2.1 Afasia

É um distúrbio da linguagem provocado por uma lesão ou disfunção encefálica, acompanhado ou não de alterações cognitivas. É considerada “uma das alterações neurológicas mais comuns após lesão focal adquirida no Sistema Nervoso Central (SNC), em áreas responsáveis pela linguagem compreensiva e/ou expressiva, oral e/ou escrita” (KUNST et al., 2013). “A afasia é uma condição de longo prazo e que muda a vida” (SPEAKE, 2006).

Para Brady (2016) a afasia é “um prejuízo linguístico adquirido após danos cerebrais que afetam algumas ou todas as modalidades linguísticas: expressão e

compreensão da fala, leitura e escrita”.

Ou ainda, a afasia é a perda total ou parcial da capacidade de comunicar-se (falar e compreender). A linguagem dos sujeitos, modificada pela afasia, causa muito sofrimento e sentimento de doente incapaz. A afasia tem sido alvo histórico de investigação e de debate científico nas áreas da medicina, da neuropsicologia e, também da linguística (MINEIRO et al., 2008).

A afasia possui oito tipos, são elas: afasia de Broca (ou expressiva), afasia de Wernicke, afasia de condução, afasia global, afasia transcórdial motora, afasia transcórdial sensorial, afasia transcórdial mista e afasia anômica.

Para Mineiro et al. (2008), a classificação das afasias é baseada no “desempenho do doente em determinados parâmetros que são avaliados através de baterias de testes”, e os parâmetros mais utilizadas são: fluência do discurso, capacidade de compreensão de ordens, capacidade de denominação de objetos; capacidade de repetição de palavras. A Tabela 1, segundo a autora, mostra os tipos de afasias, os parâmetros de testes com os respectivos impactos.

Tabela 1: Tipos de Afasia

Afasia de:	Fluência	Compreensão	Nomeação	Repetição
Broca	Não Fluente	Normal	Perturbada	Perturbada
Wernicke	Fluente	Perturbada	Perturbada	Perturbada
Condução	Fluente	Normal	+/- Perturbada	Perturbada
Anômica	Fluente	Normal	Perturbada	Normal
Transcórdial Motora	Não Fluente	Normal	Perturbada	Normal
Transcórdial Sensorial	Fluente	Perturbada	Perturbada	Normal
Transcórdial Mista	Não Fluente	Perturbada	Perturbada	Normal
Global	Não Fluente	Perturbada	Perturbada	Perturbada

Fonte: (Mineiro, 2008)

Quanto à localização das lesões associadas ao tipo de afasia, Bocquelet et al. (2016) afirmaram que as “lesões de regiões de fluxo ventral do lobo temporal resultam em afasia de Wernicke caracterizada por comprometimento da compreensão da fala, enquanto lesões de áreas frontais resultam em afasia de Broca caracterizada por comprometimento da produção da fala”.

Estudo realizado por Pagliarin et al. (2013), para avaliar o panorama da

literatura nacional e internacional acerca dos instrumentos de exame linguístico utilizados após Lesão em Hemisfério Esquerdo (LHE), concluiu que “são necessários esforços para o desenvolvimento e normatização de instrumentos de linguagem para avaliação de pacientes adultos com LHE e outros quadros neurológicos adequados à realidade sociocultural brasileira” e chama a atenção para a escassez de estudos com tais instrumentos envolvendo especificamente pacientes com LHE.

O estudo desenvolvido por Casarin et al. (2011) também revelou escassez de instrumentos (ou ferramentas de avaliação de componentes linguísticos funcionais) no contexto nacional e concluiu que há necessidade de novos estudos para suprir essa lacuna. E complementa que “até mesmo em nível internacional, parece haver uma demanda ainda não atendida de ferramentas clínicas de avaliação breve de componentes funcionais da linguagem, como pragmático-inferencial e discursivo”.

2.2 Acidente Vascular Cerebral: principal causa da Afasia

“Há uma elevada e crescente incidência de AVC no Brasil, sendo a principal causa da afasia” (MEKARU, 2014). No entanto, Bensenor (2015) chama atenção de que “há poucos dados sobre prevalência de AVC no Brasil” e enfatiza que a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) aplicada em 2013, foi “uma oportunidade única para descrever a prevalência autodeclarada de AVC na população brasileira”. Esse estudo faz parte do Sistema Integrado de Pesquisas Domiciliares (SIPD) desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A PNS, com representatividade para todo o país, revelou uma estimativa de 2.231.000 pessoas com AVC e 568.000 com incapacidade grave. Em homens a incapacidade é de 29,5% e de 21,5% em mulheres (Bensenor, 2015). Esses números nos mostra uma estimativa das pessoas acometidas pelo AVC, mas que sobreviveram. O total é maior quando se vê o número de pessoas que não resistiram e foram à óbito.

O portal de Transparência do Registro Civil, “desenvolvido para disponibilizar ao cidadão informações e dados estatísticos sobre nascimentos, casamentos e óbitos”, mantido pela Associação Nacional dos Registradores de Pessoas Naturais (ARPEN), nos revela o impacto do AVC na população brasileira que morreram, conforme Tabela 2.

Tabela 2. AVC no Brasil (óbitos)

AVC no Brasil (óbitos)	2019	2020	2021
Masculino	53.011	54.113	56.177
Feminino	49.652	49.792	52.054
Total	102.663	103.905	108.231

Fonte: PORTAL-REGISTROCIVIL, 2022

O painel de registros nos mostra que em 2019, no Brasil, o AVC foi a causa da morte de 102.663 pessoas, sendo 53.011 homens e 49.652 mulheres. No ano de 2020 o número de óbitos aumentou para 103.905, com 54.113 homens e 49.792 mulheres. Em 2021, foi ainda maior, com 108.231 pessoas que morreram em decorrência do AVC, com 56.177 homens e 52.054 (PORTAL-REGISTROCIVIL, 2022).

2.3 Reabilitação da Afasia

A intervenção terapêutica dos pacientes com afasia é o foco principal dos profissionais da fonoaudiologia, que cuida dos processos de comunicação humana e trata os distúrbios de linguagem. Os fonoaudiólogos desenvolvem trabalho interdisciplinar, envolvendo a família, cuidadores, terapeutas ocupacionais e médicos. A reabilitação da afasia é realizada com a estimulação da linguagem e deve ser planejada caso a caso, não há tratamento específico.

Os instrumentos de avaliação de linguagem, usados por neuropsicólogo ou fonoaudiólogo para o diagnóstico da afasia, servem como estratégia de tratamento, segundo Pagliarin (2013). Dentre os testes de avaliação, conforme revisão sistemática do mesmo autor, o teste de Boston *Diagnostic Aphasia Examination* (BDAE) “é um dos instrumentos mais utilizado internacionalmente para detecção de afasia”. Encontra-se adaptado para a população brasileira e disponível apenas para finalidade de pesquisa. Vários testes formais para diagnóstico de afasia estão disponíveis, entre eles o *Western Aphasia Battery*, *Boston Naming Test*, *Token Test*, *Action Naming Test* e outros.

No estudo de Silveira (2019) usou-se a abordagem de recuperação de palavras, com a Bateria Montreal-Toulouse de Avaliação da Linguagem (MTL-BR), instrumento adaptado do francês para o português para avaliar o funcionamento de diferentes componentes de linguagem oral e escrita. E como resultado foi verificada a “ampliação do vocabulário e melhora em diversos aspectos linguísticos,

comunicativos e cognitivos”.

A terapia da fala e da linguagem (do inglês, Speech and language therapy - SLT) é uma das intervenções usadas na reabilitação. Estudo desenvolvido por Brady (2016) avaliou os efeitos da SLT e concluiu que a comunicação funcional foi melhor observada em pacientes afásicos que receberam terapia de alta intensidade ou por um longo período. No entanto, ele chama atenção de que “os benefícios de uma alta intensidade de SLT foram confundidos por uma taxa de desistência significativamente mais elevada”.

O uso da Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) vem sendo incorporado na reabilitação do afásico, para pessoas de todas as idades com severos problemas de comunicação (HILL; KOVACS; SHIN, 2015). Esse tipo de intervenção usa estratégias e tecnologias que permitem ao usuário se comunicar com outras pessoas, complementando ou substituindo a fala e assim possam desempenhar as suas atividades diárias. A CAA faz uso de pranchas de comunicação, impressa em papel, no computador ou tablet, com personalização de figuras, cores, sons.

O estudo de Hill, Kovacs & Shin (2015) concluiu que a comunicação alternativa convencional não é uma opção satisfatória quando requer um certo grau de controle muscular voluntário e aponta para o desafio de promover a interligação da CAA com a *Brain Computer Interface* (BCI) ou Interface cérebro-computador, usando os sinais cerebrais como alternativa para uma “abordagem não invasiva para acessar tecnologias assistivas”. As tecnologias controladas pelo cérebro podem auxiliar na comunicação de populações deficientes, utilizando os sinais neurobiológicos (BRUMBERG et al., 2010).

Estratégias vêm sendo desenvolvidas para as BCI's a exemplo dos sistemas de “seleção de letras”, que estabelecem uma comunicação indireta com o movimento da mão ou do braço, ou ainda com o movimento dos olhos, que são decodificados. Para Bocquelet et al. (2016) “a criação de um discurso BCI para restaurar a fala contínua, diretamente da atividade neural de áreas cerebrais seletivas da fala, é um campo emergente no qual esforços crescentes precisam ser investidos”.

Tem-se outras terapias a exemplo da terapia comportamental, terapia fonológica, terapia farmacológica e da terapia eletrônica, essa última envolvendo aplicativos que geralmente estão restritos a uma única modalidade de linguagem, por exemplo: a nomeação ou a leitura.

Há também estudos desenvolvidos aplicando a realidade virtual (MARSHALL, 2016) que permite comunicação interativa entre vários usuários, onde o paciente afásico cria seu avatar e no ambiente interativo, encontra com o seu terapeuta, que realiza a estimulação linguística. Segundo os resultados do estudo, a abordagem com realidade virtual parece ser mais envolvente e prazerosa, principalmente quando se tem a necessidade de fazer grande quantidade de prática para um único indivíduo. O autor relata ganhos obtidos pelo grupo de participante, “uma vez que a intervenção foi recebida, e foram bem mantidos”. No entanto, concluiu que “não foram alcançadas mudanças nas medidas de confiança comunicativa e sentimentos de isolamento social”. Os tamanhos de efeito não foram relatados no estudo.

Para Zapata et al. (2018), os principais desafios das interfaces estão no ritmo desigual de aprendizagem de cada indivíduo e “na operação eficaz dos dispositivos BCI”, que utilizam muitas técnicas, a exemplo de: Ressonância Magnética Funcional (RMF), técnica capaz de detectar alterações no fluxo sanguíneo e oxigenação de tecidos cerebrais; fNIRS usada para estudar a ativação e função cerebral com a penetração das luzes infravermelhas no crânio; ECoG exame eletrofisiológico que avalia o funcionamento da cóclea, usado na presença de vertigem, tontura e zumbido; a MEG que é uma técnica para mapear a atividade do cérebro com a detecção de campo magnético produzido por correntes elétricas do próprio cérebro e o EEG que faz o registro da atividade elétrica do cérebro usando eletrodos colocados no couro cabeludo.

Algumas dessas técnicas (ou métodos) possuem alto custo para serem implementadas ou são muito robustas o que dificulta a mobilidade. Ainda segundo os mesmos autores, os eletroencefalógrafos (EEG) representam a base de aproximadamente 60% dos sistemas BCI testados.

Para Bocquet (2016) o registro eletrofisiológico pode oferecer uma resolução temporal adequada para rastrear a atividade cerebral na escala da dinâmica da produção da fala.

Estudos têm nos revelado que além de analisar a atividade cerebral e problemas neurológicos, é possível investigar padrões neuronais que podem ser associados a certas doenças. Para melhorar o reconhecimento de padrões de atividades cerebrais em aplicativos de BCI, estudo recente de Zhang (2021) propôs um algoritmo de aprendizagem multitarefa baseado em agrupamento para otimizar o

recurso de EEG. Para os autores “ao contrário da aprendizagem de tarefa única, a aprendizagem multitarefa permite selecionar conjuntamente as características mais significativas de várias tarefas”.

Já o estudo de Liang (2022) conclui que “os métodos emergentes de aprendizagem matricial alcançaram desempenhos promissores na classificação do eletroencefalograma (EEG)”. E ressalta que “os métodos geralmente precisam coletar uma grande quantidade de dados individuais de EEG e isso, em geral causa fadiga e inconveniência aos participantes”.

O estudo de Chen (2022) nos revela de maneira enfática que “nos últimos anos, o Machine Learning (ML) e a Inteligência Artificial (IA) tornaram-se cada vez mais populares na análise de padrões complexos de dados neurais”. Assim como também ressalta que o EEG e a RMF são duas ricas modalidades de neuroimagem, e que estes nos permitem investigar de forma abrangente as funções cerebrais. E conclui que “os avanços nas tecnologias modernas alimentadas por ML criarão uma mudança de paradigma na prática atual em diagnóstico, prognóstico, monitoramento e tratamento de doenças mentais”.

No estudo de Sreedharan (2019), usou-se a ressonância magnética funcional em tempo real, como estratégia de treinamento de neurofeedback, objetivando melhorar a ativação neural nas áreas de linguagem de pacientes pós-AVC com afasia expressiva para melhoria do déficit de linguagem. Para o autor essa estratégia é muito dispendiosa, são muitas horas para o treinamento e o sistema não é portátil, tornando o custo muito alto. No entanto, ele afirma que é possível ajustar o treinamento em neurofeedback, para ativar as regiões específicas de estudo usando métodos de menor custo e portáteis, como sistema baseado em EEG, que podem ser viáveis para a reabilitação. A seguir, na Tabela 3, tem-se as categorias teóricas deste estudo.

Com uma demanda clínica crescente de indivíduos acometidos por lesões cerebrais súbitas, tem-se a necessidade, também crescente, de diagnóstico, de prognóstico e de planos de reabilitação. Logo, novas ferramentas devem auxiliar o processo de reabilitação e que “envolvam diferentes componentes da linguagem, com diferentes modalidades de *input* e de *output* para uma análise acurada do perfil linguístico dos diferentes pacientes” (PAGLIARIN et al., 2013).

Tabela 3. Categorias teóricas

Referência	Estudo	Considerações do Estudo
Mattioli (2019)	O manejo clínico e a reabilitação da afasia pós-AVC na Itália: evidências da literatura e experiência clínica	<ul style="list-style-type: none"> - O prognóstico da recuperação da afasia é crítico - Enfatiza que é essencial uma avaliação abrangente das habilidades da linguagem com instrumentos apropriados e em diferentes fases para que se possa acompanhar as melhorias da linguagem e orientar as terapias ao longo do tempo.
Sreedharan (2019)	Autorregulação de áreas da linguagem usando ressonância magnética funcional em tempo real em pacientes com AVC com afasia expressiva	<ul style="list-style-type: none"> - Usou a ressonância magnética funcional em tempo real (RT-RMF) como estratégia - Estratégia é muito cara, - É possível ajustar o treinamento em neurofeedback, para ativar as regiões específicas de estudo usando métodos de menor custo e portáteis, como sistema baseado em EEG, que podem ser viáveis para a reabilitação.
Black (2017)	Sociedade Americana de Neurorradiologia Funcional – Algoritmos Paradigmáticos de RMf Recomendados para Avaliação Pré-Cirúrgica da Linguagem	- Instituições realizam RMf de maneiras tão marcadamente diferentes que o compartilhamento de dados, a comparação e a generalização dos resultados são difíceis. A Sociedade Americana de Neurorradiologia Funcional propõe a adoção generalizada de protocolo de avaliação de linguagem.
Bocquelet (2016)	Considerações importantes ao projetar uma interface cérebro-computador de fala	<ul style="list-style-type: none"> - Um grande desafio para as neurotecnologias é restaurar a comunicação de pessoas afásicas. - As interfaces cérebro-computador (BCI) parecem ser muito promissoras - Enfatiza que o seu design precisa considerar três pontos: <ol style="list-style-type: none"> 1. A escolha de regiões cerebrais apropriadas para registrar a atividade neural, 2. A escolha de uma técnica de registro apropriada 3. A escolha de um esquema de decodificação neural em associação com um método de síntese de fala apropriado
Thibault (2016)	O cérebro autorregulador e o neurofeedback: ciência experimental e promessa clínica	<ul style="list-style-type: none"> - Apresenta quatro tecnologias denominadas pelo autor, de tecnologias de imagem contemporâneas, a exemplo de: RMF, fNIRS, MEG e EEG. - Salaria que protocolos de pesquisa que usam essas metodologias começam a “lançar luz sobre os mecanismos subjacentes que podem facilitar aplicações clínicas mais eficazes”.
Kim (2014)	Classificação de EEG em uma base de teste único para percepção da fala vocálica usando decomposição em modo empírico multivariado	Estudo experimental com EEG teve como objetivo “encontrar componentes que possam estar relacionados à representação dos fonemas no cérebro e discriminar as respostas do EEG para cada som da fala, em caráter experimental
Pagliarin (2013)	Instrumentos para avaliação da linguagem pós-lesão cerebrovascular esquerda	<ul style="list-style-type: none"> - Tema do estudo é a avaliação padronizada da linguagem em pacientes com Lesão em Hemisfério Esquerdo (LHE) - Possível uso no diagnóstico, prognóstico e plano terapêutico, complementando observação, entrevistas e tarefas clínicas

Fonte: autoria própria

Diante desse cenário, entende-se que é essencial buscar um método que dê apoio aos profissionais da saúde no processo contínuo de reabilitação de pessoas afásicas, levando-se em consideração a aplicabilidade em centros de reabilitação, fora do ambiente hospitalar.

2.4 Protocolo de linguagem

Sobre a intervenção fonoaudiológica na afasia expressiva, estudo realizado por Altmann, Silveira e Pagliarin (2019) que desenvolveu revisão integrativa da literatura, revelou que a maioria dos estudos usou “a terapia de recuperação de palavras que é o método tradicional mais utilizado, usando, principalmente, a nomeação de figuras com auxílio de pistas facilitadoras”. Acredita-se que pela facilidade de aplicação e pela necessidade dos afásicos quanto a expressão verbal. Os autores mencionaram também intervenção baseada em canto e na terapia conversacional. E por fim, relataram que foi “frequente a utilização de tablets e computadores, principalmente como um meio para a apresentação dos estímulos”.

O estudo de Pagliarin (2013) que buscou analisar quais componentes linguísticos são os mais avaliados em experimentos concluiu que os componentes linguísticos mais investigados foram “nomeação e compreensão oral, respectivamente”.

De maneira geral, para avaliação e reabilitação da fala e linguagem o fonoaudiólogo analisa as seguintes áreas: nomeação, repetição, compreensão da linguagem, leitura e escrita. A definição da bateria de testes vai depender, também, da abordagem teórica utilizada pelo terapeuta. Assim, evidencia-se que há uma grande variabilidade de testes de linguagem que podem ser aplicados no processo de reabilitação dos afásicos; entretanto, as evidências atuais sugerem que o monitoramento do afásico é muito difícil de ser alcançado.

A avaliação da função da linguagem, não é exclusiva para pacientes afásicos. Diante de uma cirurgia no cérebro, é essencial que o neurocirurgião identifique as áreas da linguagem do paciente, sob pena de acometer sequelas graves. Essa é uma das aplicações mais importantes da RMF na prática clínica. No entanto, o estudo de Black (2017) chama atenção para o fato de que as instituições realizam o RMF de maneiras marcadamente diferentes.

O fato de não se ter uma abordagem única, dificulta o compartilhamento de

dados que é essencial para “a integridade da investigação e a transparência científica, e a variabilidade das práticas atuais obscurece a reprodutibilidade e dificulta a adequada partilha interinstitucional de informação” (Black, 2017).

Com esse desafio, uma força-tarefa de membros da Sociedade Americana de Neuroradiologia Funcional de várias instituições se reuniram e criaram dois conjuntos de protocolos de linguagem que possuem “um equilíbrio entre facilidade de aplicação e utilidade clínica” (Black, 2017). Um protocolo de linguagem adulta para avaliação de linguagem pré-cirúrgica, que inclui as seguintes tarefas: completar sentença, geração de palavras silenciosas, rima e nomeação de objetos. E um algoritmo pediátrico que inclui tarefas de: completar sentença, rima, geração de antônimo ou escuta de história passiva (Black,2017).

Com a adoção do protocolo de referência, com uma bateria de tarefas linguísticas, validadas por um comitê de especialistas, espera-se ter uniformidade das práticas. Segundo o protocolo a tarefa de completar sentenças produz maior ativação tanto nas regiões temporais como frontais, “sugerindo uma ativação mais robusta das redes linguísticas porque combina a compreensão da linguagem, bem como a produção de uma forma naturalista” (Black,2017).

A tarefa de geração de palavras silenciosas foi validada “tanto para a lateralização da língua como para a sua localização” (Black,2017). A tarefa de rimas e a tarefa de geração de palavras silenciosas são consideradas úteis para a lateralização da língua em comparação a tarefa de completar sentenças. Já a tarefa de nomeação de objetos foi validada como a tarefa tanto para a lateralização da língua como para a localização. As quatro tarefas ativam a área frontal do cérebro. O resumo das tarefas e áreas de ativação estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Protocolo de avaliação de linguagem adulto - Bateria de tarefas

Tarefa	Qtd Frases/Letras/palavras/objetos /símbolos (ciclo)	Tempo de cada estímulo	Tempo do estímulo (ciclo)	No repetições	Total de estímulo	Total de controle	Ativação aumentada na região	Área ativada	Controle	Tempo Tarefa (seg)
Completar Sentenças (T1)	4	5 seg	20 seg	6	24	24	Temporal > Frontal	Wernicke > Broca (ativa Broca de maneira menos robusta)	Paciente visualiza frases sem sentido. Intercala-se 4 frases com sentido e 4 frases sem sentido	240
Geração de Palavras Silenciosas (T2)	2	10 seg	20 seg	6	12	12	Frontal > Temporal	Broca	O paciente vê símbolos ao invés de letras. Intercala-se 2 letras e 2 símbolos.	240
Rima (T3)	5	4 seg	20 seg	6	30	30	Frontal > Temporal	Broca > Wernicke (ativa Wernicke de maneira menos robusta)	Intercala-se 5 palavras e 5 imagens (contendo apenas linhas verticais)	240
Nomeação de Objetos (T4)	6	3 seg	18 seg	6	36	36	Frontal > Temporal	*Não permite uma lateralização tão eficaz	O paciente vê símbolos ao invés de objetos. Intercala-se 6 objetos e 6 símbolos.	240

Fonte: autoria própria (Black, 2017)

2.5 EEG

Ao longo desta pesquisa, buscamos tecnologias que pudessem ser aplicadas ao estudo de pacientes com deficiência comunicativa. Identificamos diversas técnicas e tecnologias, a exemplo da: RMF (Sreedharan,2019; Lemaire, 2013), NIRS que é um método espectroscópico (Kamavuako, 2018) e Tractografia-técnica de modelagem 3D usada para representar visualmente os tratos nervosos usando dados coletados por ressonância magnética de difusão (Lemaire,2013).

Tem-se a Eletromiografia (EMG), que é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis das células musculares esqueléticas (Formaggio, 2013), o EEG como método de monitoramento eletrofisiológico que é utilizado para registrar a atividade elétrica do cérebro (Riley, 2017; KLEIH,2016; Nicolo, 2015; Ron-Angevin, 2015; Kim, 2014; Geuze, 2014).

A CAA se refere à estratégia usada para criar outros meios de estabelecer a comunicação (Light, 2013). E o uso de BCI que pode ser usado com EEG (Mattioli, 2019) ou com outros mecanismos, como por exemplo, com sintetizador de fala baseado em articulações (Bocquelet, 2016). Existem outros dispositivos e técnicas, mas não temos a intenção de descrever cada uma dessas tecnologias, mas explicar como foi definida a nossa estratégia de pesquisa que visa a aplicação em centro de reabilitação e uso por profissionais de saúde, mais especificamente pelos fonoaudiólogos.

Diante deste contexto, este estudo tem três pilares: a acessibilidade que está relacionado ao fácil acesso, seja para a aquisição, seja referente ao uso do espaço físico, das instalações físicas, do custo e mobilidade da tecnologia. Algumas tecnologias são consideradas de grande porte, a exemplo do RMF, que seria de difícil adesão aos objetivos deste estudo, esta tecnologia tem sido usada mais especificamente em pesquisas hospitalares e bem menos em aplicações clínicas.

O segundo pilar é a usabilidade, ou seja, o quão fácil é usar a tecnologia adotada. Diz respeito a possibilidade de alcance da utilização pelos profissionais. E o terceiro pilar é se a tecnologia é invasiva para o paciente, assim, descartou-se as tecnologias invasivas, que significa usar instrumentos que penetram ou invadem o organismo.

Optamos por usar o EEG que permite o registro das correntes elétricas emitidas pelo cérebro, através de eletrodos aplicados no couro cabeludo, para analisar a ativação cerebral de pacientes afásicos. O EEG é indicado para analisar as alterações da atividade elétrica cerebral, a exemplo de doenças como epilepsia. Para Smith (1999) o EEG pode ser bem adequado para monitorar as alterações no estado cerebral, que ocorrem enquanto um indivíduo realiza uma tarefa.

Estudo desenvolvido por Yu (2014) também afirmou que o uso do EEG é um procedimento médico comum e essencial na maioria dos hospitais para detectar doenças relacionadas ao cérebro, como epilepsia, lesão cerebral e outros problemas. No entanto, enfatiza que embora seja um equipamento comum em hospitais e em clínicas, tem-se que cada fabricante desenvolve seu próprio sistema que geralmente armazenam os dados brutos numa única máquina (computador), funcionando de maneira isolada, sem compartilhar dados. O estudo concluiu que isso é um problema quando se precisa fazer acompanhamentos de pacientes por um longo período.

Apesar de termos na literatura científica, o uso do EEG para analisar mudanças relacionadas à aprendizagem com o *Event-related potentials* (ERP), estudo recente, de revisão sistemática, investigou a reabilitação da afasia e do *Corona Virus Disease* (COVID-19) no período de pandemia e concluiu que “um dos principais desafios é conectar novas tecnologias, como apoio, à reabilitação da afasia, que precisam ser acessíveis ao ambiente clínico e hospitalar” (DA CUNHA LIMA, 2023). E chama atenção de que existe lacuna de conhecimento sobre a “aplicação de recursos tecnológicos para apoiar a avaliação e reabilitação de indivíduos afásicos”.

O EEG utiliza o sistema internacional de posicionamento de eletrodos 10-20, que surgiu para a padronização da posição dos eletrodos e é utilizado até hoje. Neste sistema os eletrodos são posicionados usando os marcos anatômicos (násio, ínio e orelhas) da cabeça, como pontos de referência. “O termo 10-20 originou-se das distâncias observadas entre os eletrodos, colocados a cada 10 ou 20% da distância total entre um determinado par de marcos anatômicos” (TAVARES, 2011).

O EEG é colocado sobre a cabeça do paciente e a conexão dos eletrodos é estabelecida, geralmente com uma pasta, ou a depender do dispositivo com solução salina. A intenção é captar os sinais enviados pela rede de células, chamada de neurônios, que compõem o cérebro. Este órgão divide-se em duas partes: o hemisfério direito e o hemisfério esquerdo.

Para Springer (1998), o estudo do cérebro esquerdo e do cérebro direito produziu importantes informações a respeito da função cerebral e de sua relação com o comportamento, o estudo tomou como base o relato de dados clínicos. O autor é enfático ao afirmar que “o hemisfério esquerdo está predominantemente envolvido em processos analíticos, em especial na produção e compreensão da linguagem”. Já o hemisfério direito “parece ser responsável por certas capacidades espaciais e habilidades musicais”. Enfatiza também as evidências ao longo dos anos mostrando que o hemisfério esquerdo e direito não são idênticos em suas competências e organizações.

Existem 5 lobos anatômicos que compõem o cérebro: frontal, parietal, occipital, temporal e insular. O lobo frontal relaciona-se ao “planejamento e execução de comportamentos complexos que envolvem muitas funções cognitivas, como atenção, memória, raciocínio e julgamento” (HAM DAN, 2009). “A parte detrás do lobo frontal é a área motora primária” e à frente da faixa motora está a chamada área pré-motora, que para Springer (1998), na ocorrência de uma lesão, no hemisfério esquerdo, “em partes específicas da área pré-motora (área de Broca) leva à desorganização da fala – a disfunção expressiva conhecida como afasia de Broca”.

O lobo parietal tem relação com as informações sensoriais, um paciente com lesão nas regiões do lobo parietal pode não reconhecer objetos familiares tocando ou apalpando, pode ocorrer “um colapso de percepção tátil” (Springer, 1998). Para o autor uma lesão no lobo parietal pode interferir nas memórias tátil-cinestésicas armazenadas durante anos e constituída como percepções de forma, tamanho e

textura.

O lobo temporal, o dominante (geralmente o lado esquerdo) está envolvido com a compreensão da linguagem, aprendizado e lembrança de informações verbais (FUSTER, 2002; JURADO, 2007; ARDILA, 2016). “A perda de memória associada à lesão nas regiões corticais pode ser relativamente específica, como na afasia de Wernick, onde a lesão no lobo temporal esquerdo parece interferir no entendimento da linguagem” (SPRINGER, 1998).

Já o lobo occipital é responsável pela percepção visual. As áreas do lobo occipital estão ativas durante a estimulação visual. Problemas de perda de orientação visual podem ser acometidas por “certos casos de lesão no córtex occipital e parietal e possivelmente nos caminhos entre eles” (SPRINGER, 1998). E a ínsula, localizada nos dois hemisférios, desempenha papel importante em vários transtornos psiquiátricos, a exemplo de esquizofrenia e pânico (PORTO, 2008; DAMIANI, 2016; ARDILA, 2016).

Danos no hemisfério esquerdo do cérebro podem causar a afasia, deixando o indivíduo com comprometimento na capacidade de se comunicar (SPRINGER, 1998; KUNST, 2013). Em vista do que foi exposto, o design do procedimento experimental, deste estudo, baseou-se no uso do EEG, para coleta de dados do lobo frontal de pacientes que tiveram AVC e foram diagnosticadas com afasia.

A onda cerebral ou oscilação neuronal é a atividade rítmica ou repetitiva no Sistema Nervoso Central (SNC). As ondas são geralmente medidas em ciclos por segundo ou Hertz (Hz), e causadas pelas atividades sinápticas. Usamos quatro eletrodos posicionados no lóbulo frontal. A definição do lóbulo frontal se deu em virtude da população deste estudo ter afasia de expressão, que é caracterizada por uma alteração no lóbulo frontal do cérebro, que é a região responsável pela linguagem. E a definição da quantidade de eletrodos se deu pela área cerebral correspondente. Investigamos cinco faixas de frequência: Theta (4-8 Hz), Alpha (8-12 Hz), Beta baixa (12-16 Hz), Beta alta (16-25 Hz) e Gamma (25-45 Hz).

O registro do EEG é comumente impactado pela “atividade elétrica relacionada ao movimento decorrente de músculos faciais, músculos do pescoço e movimentos oculares” (KLUG, 2021). Essas contribuições fisiológicas são geralmente consideradas artefatos e devem ser filtradas. “A eficácia da filtragem dos dados é um passo fundamental de pré-processamento”.

Diante deste cenário, o presente estudo propõe aplicar o protocolo de avaliação de linguagem de referência desenvolvido em 2017, pela Sociedade Americana de Neuroradiologia Funcional, com o EEG, para analisar a ativação cerebral de indivíduos afásicos com as tarefas do protocolo adulto, são elas: tarefa de completar sentenças, tarefa de geração de palavras, tarefa de rimas e tarefa de nomeação de objetos.

Nossa abordagem de apoio ao processo de reabilitação dos afásicos baseia-se no rastreamento dos sinais eletrofisiológicos, um método que pode auxiliar a reabilitação personalizada e monitorada.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da pesquisa

Foi realizado um estudo do tipo exploratório, que tem como meta proporcionar maior familiaridade com o problema, contribuindo para deixá-lo mais claro, ou elaborar hipóteses (GIL, 2007), sendo recomendada em casos em que existe pouco conhecimento acumulado sobre o objeto em estudo. Com a revisão da literatura percebeu-se que tem havido pouca investigação sobre a utilização do dispositivo EEG para apoiar a reabilitação da afasia e este conceito deve ser explorado e compreendido (CRESWELL, 2017).

O modelo desenvolvido neste estudo é de apoio à decisão, definido na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), como “procedimentos matemáticos ou estatísticos usados como ajuda na tomada de uma decisão, frequentemente usado na tomada de decisões médicas”. Para a especificação do modelo, buscou-se nos Descritores em Ciências da Saúde/Medical Subject Headings (DeCS/MeSH), a terminologia que permite a execução da pesquisa em termos mais amplos ou mais específicos.

A BVS é uma plataforma operacional de cooperação técnica da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) para gestão da informação e conhecimento em saúde, que promove a “democratização e ampliação do acesso à informação científica e técnica em saúde” (BVS, 2023). Ainda segundo a BVS, o modelo de apoio à decisão deve ser usado para analisar fatos observados ou presumidos de um estudo particular.

O modelo de apoio à decisão desenvolvido neste estudo utilizou o EEG que é um método de monitoramento eletrofisiológico, que se baseia na atividade elétrica cerebral e incorpora a análise de Fourier (*Fast Fourier Transform* - FFT) que tem diversas aplicações científicas, dentre elas o processamento de sinais com a separação dos dados em intervalos de frequências e região cerebral.

O modelo foi criado para avaliar os instrumentos e procedimentos, com o foco na ativação cerebral de participantes afásicos, por meio dos critérios de localização da lesão (hemisfério afetado) e da hemiparesia (lado direito ou esquerdo).

3.2 Local da Pesquisa

A pesquisa foi realizada no CEPRED (instituição coparticipante) e no CIMATEC (instituição proponente).

3.3 População e amostra

A população do estudo foi constituída de participantes com diagnóstico de afasia pós-AVC, conforme laudo em prontuário, que se encontravam em tratamento de reabilitação e que foram recrutados pela equipe de fonoaudiologia, do núcleo de reabilitação neurológica adulto, do setor de Reabilitação Física do CEPRED, na cidade de Salvador-Bahia, seguindo os critérios de inclusão e exclusão.

3.4 Critérios de inclusão

Foram selecionados para o estudo pacientes de ambos os sexos, com idade acima de 18 anos, com diagnóstico de afasia pós-AVC, com dificuldades de linguagem e visão normal ou corrigida ao normal.

3.5 Critérios de exclusão

Os pacientes que possuíam transtornos mentais, identificados por profissional de saúde, não foram convidados para o estudo. Pacientes com doenças cardiovasculares instáveis ou outras doenças graves que os impedissem de realizar as tarefas, também não fizeram parte da pesquisa.

3.6 Critérios de descontinuidade no estudo

Como critérios de descontinuidade na participação do estudo, citamos: o participante que apresentasse sintomas de cansaço excessivo, dor ou desinteresse. Nenhum deles foram excluídos por esses motivos.

3.7 Amostra

A amostra foi constituída por 11 Participantes Afásicos (PA = oito mulheres e três homens). A idade média de todos os participantes foi de 54 ± 7 anos. Destes participantes, dez pessoas com lesões cerebrais no hemisfério esquerdo e uma pessoa com lesão no hemisfério direito, todos com hemiparesia (dificuldade de movimentar metade do corpo), conforme descrição dos participantes na Tabela 5.

Tabela 5. Descrição dos pacientes.

Paciente ID	Gênero	Idade	Hemiparesia	Hemisfério afetado	Tempo do AVC (ano/meses)	Tipo da Afasia
Pa01	F	53	Direito	Esquerdo	03/03	Broca (Expressão)
Pa02	F	51	Direito	Esquerdo	06/11	Broca (Expressão)
Pa03	F	53	Direito	Esquerdo	02/01	Anômica
Pa04	F	45	Direito	Esquerdo	01/05	Transcortical motor
Pa05	F	63	Direito	Esquerdo	04/05	Broca (Expressão)
Pa06	F	45	Direito	Esquerdo	01/03	Transcortical motor
Pa07	M	58	Direito	Esquerdo	01/07	Broca (Expressão)
Pa08	M	63	Direito	Esquerdo	00/05	Broca (Expressão)
Pa09	F	59	Direito	Esquerdo	10/11	Broca (Expressão)
Pa10	F	45	Esquerdo	Direito	05/03	Global
Pa11	M	60	Direito	Esquerdo	01/03	Global

Fonte: autoria própria.

A definição do tamanho da amostra em trabalho de pesquisa experimental na área de saúde é complexa devido ao estado do paciente e limitações adquiridas pela enfermidade. De maneira geral, os trabalhos de cunho experimental costumam ter poucos participantes, a exemplo de: Manyakov (2011) experimento com oito pacientes com deficiências de fala e diferentes tipos de distúrbios cerebrais aplicando o paradigma de tipagem mental baseado em BCI P300; estudo de Müller (2010) com sete pacientes com deficiência comunicativa e cognitiva usando ferramentas de

comunicação com abordagem multimodal com imagens e som; estudo de Riley(2017) com oito participantes com afasia usando BCI-EEG com abordagem de aprendizado sem erros; experimento de Kleih (2016) envolvendo cinco pacientes com afasia pós AVC com paradigma do speller visual P300.

3.8 Aspectos Éticos

Esta pesquisa tem aprovação do CEP, conforme Resolução n.510 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Aprovação do CEP do CIMATEC com Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) de n. 29622120.2.0000.9287, sob parecer n. 4.759.328 e CEP da SESAB com CAAE: 29622120.2.3001.0052, sob parecer n.4.492.254, que aprova o estudo e vincula o CEPRED, como centro coparticipante, com assentimento prévio, conforme o Termo de Anuência Institucional e Termo de Autorização Institucional para Pesquisa em Prontuário.

Embora os CEP's tenham aprovado este estudo com participantes afásicos e não afásicos, diante da dificuldade de realizar o pareamento entre os dois grupos especificamos a participação de grupo único, o de participantes afásicos.

Sob a perspectiva do rigor ético, mesmo com o parecer do CEP para iniciar a pesquisa, houve um respeito muito grande com os participantes diante do momento de pandemia da COVID-19. Foi necessário aguardar o momento propício para iniciar a coleta de dados, que foi definido pelo CEPRED, mesmo com o prazo a cumprir do doutorado.

A pesquisa não possui fins lucrativos e os participantes são voluntários. Todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido -TCLE (apêndice A), aceitando participar do estudo. Este documento informa e esclarece o sujeito da pesquisa para que ele possa tomar a decisão de forma justa e sem constrangimentos sobre a sua participação no estudo. Com o TCLE, os participantes ficaram cientes de que sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa identificá-lo, será mantido em sigilo. Esse documento é uma proteção legal e moral do pesquisador e do participante-pesquisado contendo de forma clara e didática, as informações mais importantes do protocolo de pesquisa.

3.9 Instrumentos da pesquisa: EEG

Para capturar a atividade eletroencefalográfica do participante foi usado o Emotiv EPOC+ de 16 canais (Figura 1), EEG *Brainwear* com tecnologia BCI. Projetado para pesquisas cerebrais humanas, da Emotiv sediada em São Francisco, EUA, para adquirir sinais EEG, amostrados a 128 Hz. Comercialmente disponível e validado por outras pesquisas (BADCOCK, 2013; YU,2016; KOTOWSKI,2018; FOUAD, 2021; MELEK,2020).

O dispositivo (tipo headset) é flexível e sem fio com eletrodos colocados de acordo com o sistema internacional 10-20 de posicionamento, que é a disposição internacional de análise eletroencefalográfica.

Assim, consideramos para o presente estudo o uso do EEG, como instrumento para a coleta dos sinais eletrofisiológicos. Para capturar as correntes elétricas emitidas pelo cérebro, os eletrodos podem ser aplicados dentro da substância encefálica ou diretamente no couro cabeludo. Utilizamos o EEG com eletrodos colocados sobre o couro cabeludo, por não ser invasivo e não gerar riscos ao paciente. Esse dispositivo já é reconhecido por oferecer uma resolução temporal adequada para rastrear a atividade cerebral na escala da dinâmica da produção da fala (BOCQUELET, 2016).

Figura 1. Emotiv EPOC +.

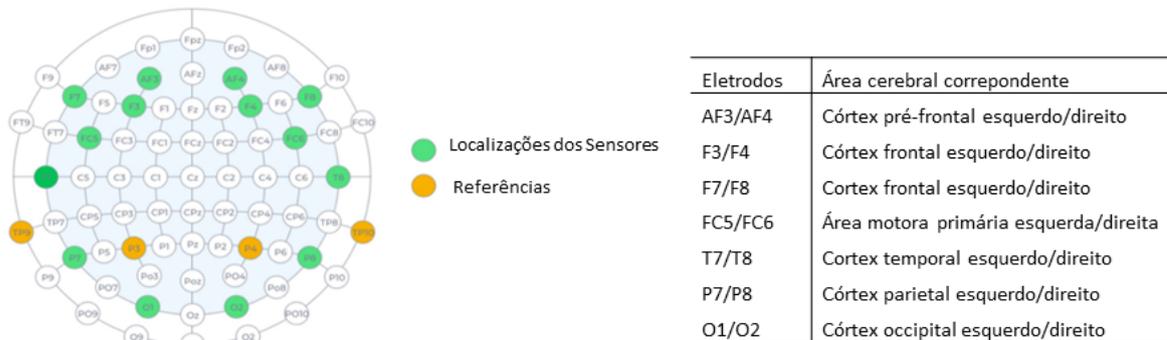


Fonte: documentação do Emotiv EPOC +.

A Figura 2 mostra a localização de cada um dos 16 sensores (eletrodos) e a correspondência anatômica da área cerebral. Os canais com terminação ímpar estão localizados no hemisfério esquerdo e os canais com terminação par localizados no hemisfério direito, e são: Antero-Frontal (AF3, AF4), Frontal (F3, F4, F7, F8), Fronto-Central (FC5, FC6), Temporal (T7, T8), Parietal (P7, P8) e Occipital (O1, O2). O sensor Mastoide (M1) atua como um ponto de referência para o qual a voltagem de todos os

outros sensores é comparada. O outro Mastoide (M2) é uma referência *feed-forward* que reduz a interferência elétrica externa.

Figura 2. Localização dos eletrodos no sistema 10-20 e área cerebral.

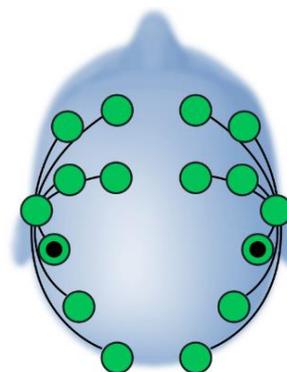


Fonte: documentação do Emotiv Epoc +.

Antes de iniciar a coleta dos sinais eletroencefalográficos, a pesquisadora previamente hidrata os eletrodos com solução salina, conforme recomendação do fabricante. Em seguida o headset, do Emotiv Epoc+, é encaixado na cabeça do participante posicionando os eletrodos antero-frontais (AF3 e AF4), permitindo o ajuste dos demais eletrodos em suas respectivas áreas.

Com o Software EmotivPro 3.3.0.433 é verificada a conexão de todos os eletrodos, que devem apresentar-se na interface com uma cor verde (Figura 3), evidenciando a conexão. Caso algum eletrodo não exiba a cor verde, a pesquisadora deve fazer os ajustes: afastando fios de cabelo sob o eletrodo ou fazendo nova hidratação. A coleta somente inicia após conexão indicativa da cor verde de todos os eletrodos. Para uma melhor coleta, foi orientado que o participante evitasse movimentar a cabeça, braços, pernas e mãos.

Figura 3. Interface evidenciando boa conexão dos eletrodos.



Fonte: documentação do Emotiv Epoc +.

Dos 16 eletrodos, usamos para a análise deste estudo, os quatro eletrodos

posicionados no lóbulo frontal, sendo dois no hemisfério esquerdo (F7, F3) e dois eletrodos no hemisfério direito (F4, F8), nas cinco faixas de frequência: Theta (4-8 Hertz), Alpha (8-12 Hertz), Beta baixa (12-16 Hertz), Beta alta (16-25 Hertz) e Gamma (25-45 Hertz), (EMOTIV, 2022).

3.10 O Modelo

Na perspectiva de subsidiar a atuação dos profissionais da saúde desenvolvemos o Modelo de Apoio à Reabilitação da Afasia (MARA) representado na Figura 4, onde usamos: o protocolo de avaliação de linguagem, desenvolvido pela *American Society of Functional Neuroradiology* (ASFNR), (BLACK, 2017); EEG portátil, para coletar os sinais cerebrais dos indivíduos afásicos; esquema computacional para processamento dos dados; e três premissas para aplicabilidade em centro de reabilitação, fora do ambiente hospitalar, são elas: acessibilidade, usabilidade e tecnologia não invasiva ao afásico.

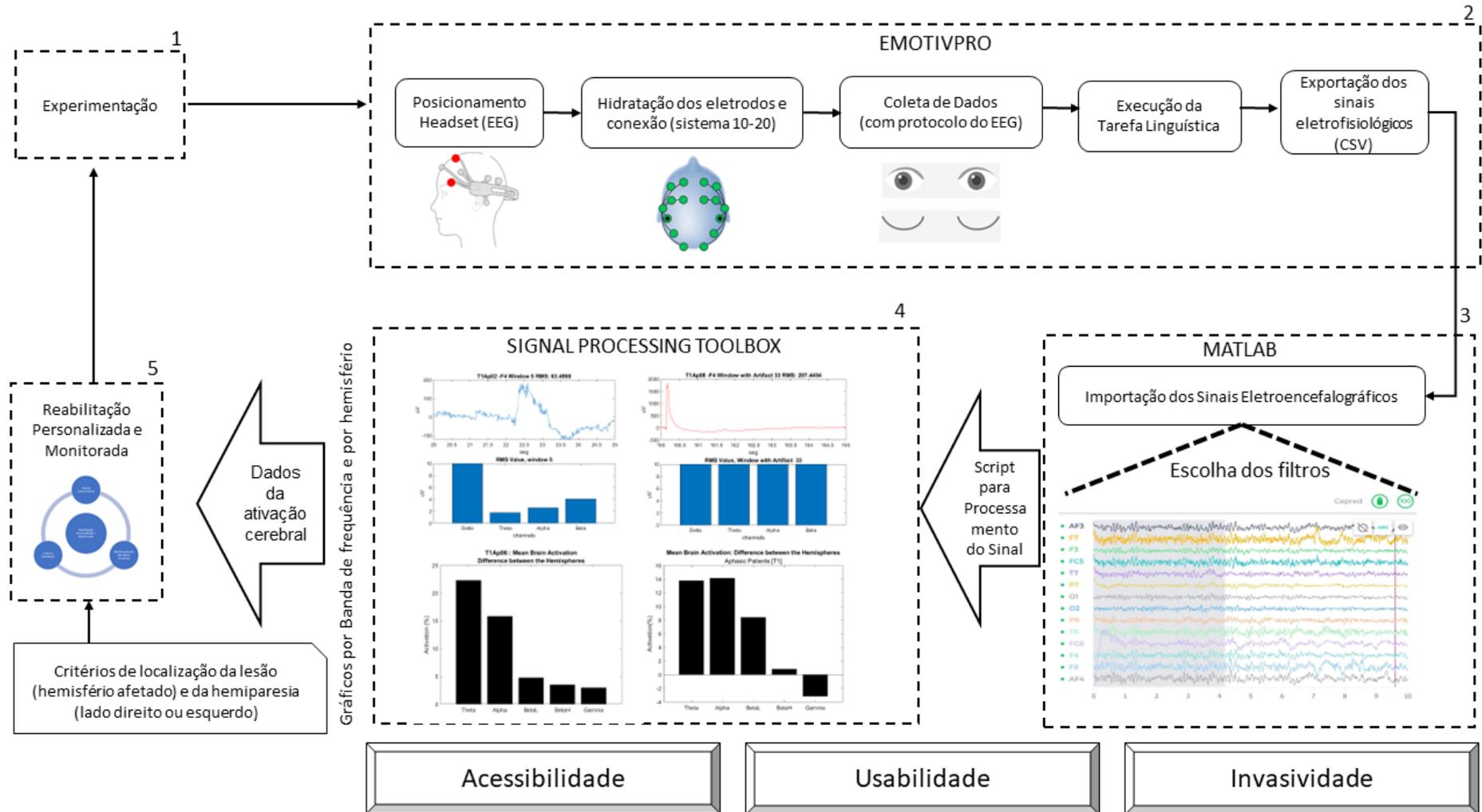
O modelo MARA (*Figura 4*) está segmentado em cinco etapas: a primeira etapa é a experimentação. A segunda etapa inicia com o posicionamento do dispositivo EEG (sem fio), ajustes de conexão e hidratação dos eletrodos (quando necessário) e execução da tarefa propriamente dita com a coleta de dados. Finalizada a tarefa o arquivo de sinais eletroencefalográficos pode ser exportado.

Na terceira e quarta etapa usamos o MATLAB (do inglês MATrix LABoratory) que é um *software* interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico, funciona como uma linguagem de programação que possui seu próprio ambiente de desenvolvimento integrado (própria IDE - Integrated Development Environment) e um conjunto de bibliotecas. Usamos o MATLAB para processar os dados.

A escolha do MATLAB se deu por ser uma ferramenta e uma linguagem de programação de alto nível, usada para o processamento de sinais, conforme publicado no site www.mathworks.com, onde “engenheiros e cientistas usam o MATLAB para organizar, limpar e analisar conjuntos de dados complexos de diversos campos, como climatologia, manutenção preditiva, pesquisa médica e finanças” (MATHWORKS, 2022). Assim, usamos o MATLAB versão 9.12 (R2022a) onde trabalhamos com cálculo, matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos.

A quinta etapa é a reabilitação monitorada, onde são gerados gráficos para a análise do profissional da saúde. A seguir tem-se o detalhamento do modelo.

Figura 4. Modelo de Apoio à Reabilitação da Afasia (MARA).



Fonte: autoria própria.

3.10.1 Detalhamento do Modelo

Etapa 1: Experimentação

Essa etapa inicia com a leitura do protocolo de pesquisa (anexo A), lembrando ao participante que a participação é voluntária, conforme explicitado pela equipe de fonoaudiologia no momento do recrutamento. Em seguida, é confirmado que foi assinado o TCLE (apêndice A), onde se tem detalhes da pesquisa, contato do pesquisador e informações sobre o sigilo dos dados pessoais de maneira a não identificar o participante. Na sequência, a experimentação é iniciada, usando o aplicativo *powerpoint*, conforme mostra a Figura 5 com exemplos de cada tarefa. Nesta etapa o participante tem a oportunidade de experimentar tarefas similares e tirar eventuais dúvidas, antes de iniciar a sessão de coleta de dados.

Figura 5. Experimentação das Tarefas.



Fonte: autoria própria.

Etapa 2: Coleta de dados

Finalizada a experimentação, inicia-se a etapa de coleta de dados. Para a captação e registro dos sinais eletrofisiológicos, o headset-EEG é colocado na cabeça do participante com a fixação dos eletrodos no couro cabeludo. Com o posicionando dos eletrodos antero-frontais (AF3 e AF4) há uma distância de três dedos acima da sobrancelha. Em seguida o pesquisador faz os ajustes dos demais eletrodos, acompanhando na interface do dispositivo, o momento em que os conectores ficam com a cor “verde”, sinalizando o contato ideal, conforme mostra a Figura 3.

Caso algum eletrodo não apresente a cor verde, deve-se proceder ajustes: afastando os fios de cabelos ou fazendo nova hidratação com solução salina. Para

apoio neste processo de conexão, foi realizada orientação prévia para que, no dia da coleta, os participantes fossem com os cabelos lavados e secos, sem uso de cremes, hidratantes, óleos ou cosméticos similares. Para as pessoas com cabelo volumoso, foi solicitado, que se possível, fossem com o cabelo trançado, para facilitar a colocação do headset e contato dos eletrodos, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6. Coleta de Dados.



Fonte: autoria própria.

Com a conexão dos eletrodos, executa-se o protocolo de “Linha de Base”, da ferramenta EMOTIVPRO, que se trata de uma gravação curta do indivíduo com os olhos abertos e fechados, que tem a duração total de 40 segundos. Finalizado o protocolo de linha de base, pressiona-se a tecla “1” para liberar uma das quatro tarefas. Dessa forma tem-se como identificar o início exato da tarefa.

A etapa 2 de coleta de dados, foi repetida a cada nova tarefa do protocolo adotado. Assim, ao finalizar a primeira tarefa, a pesquisadora perguntou ao voluntário, se podia prosseguir para a segunda tarefa, e assim, sucessivamente, até finalizar a bateria de tarefas. Se houvesse queixa de cansaço do voluntário, fazia-se uma pausa com retorno sinalizado pelo próprio participante. Encerrada a coleta, foi feita a exportação dos sinais, aqui chamados de dados brutos.

Etapa 3: Importação dos Sinais (e pré-processamento)

Cada participante executou a bateria de tarefas (com 4 tarefas) conforme protocolo de linguagem adotado: tarefa 1 de completar sentenças (frases), tarefa 2 de geração de palavras silenciosamente, tarefa 3 de rimas e tarefa 4 de nomeação de

objetos. Cada tarefa, de cada participante, gerou um arquivo de dados que foi exportado, da plataforma do EEG (EMOTIPRO), no formato CSV (do inglês Comma-Separated Values, ou valores separados por vírgula), fundamental para a importação no MATLAB.

No MATLAB foi desenvolvido algoritmo para importação dos dados brutos dos participantes voluntários. Para este estudo usamos quatro eletrodos posicionados no lóbulo frontal, sendo dois no hemisfério esquerdo (F7, F3) e dois eletrodos no hemisfério direito (F4, F8). Desenvolveu-se algoritmos para processar as diferentes tarefas. Após a importação, verificou-se o início da tarefa (com o registro do numeral 1), para que pudessemos separar os registros eletrofisiológicos antes do “start” da tarefa.

Convertemos o sinal para microvolts(μV) e processamos o sinal com diferentes técnicas, conforme mostra a Tabela 6. Iniciando com a retirada do nível DC (do inglês Direct Current, corrente contínua) do sinal, para evitar distorções do sinal. A resposta assimétrica à falha é chamada DC Offset e é um fenômeno natural do sistema elétrico.

Tabela 6. Técnicas usadas no pré-processamento dos dados

Técnica	Características
Retirada do nível DC do sinal (offset)	Elimina componente inútil que pode distorcer o sinal. Quando não há componente DC residual, as tensões positivas são canceladas pelas tensões negativas e o sinal não é distorcido.
Aplicação de Filtro (Passa-banda)	Redução de ruídos dos dados brutos (elimina artefatos)
Transformada de Fourier	Decomposição do sinal que proporciona uma forma eficiente de identificar as suas componentes
Criação das Janelas	Análise das frequências (bandas) no intervalo de tempo (janela) do estímulo e do controle.

Fonte: autoria própria

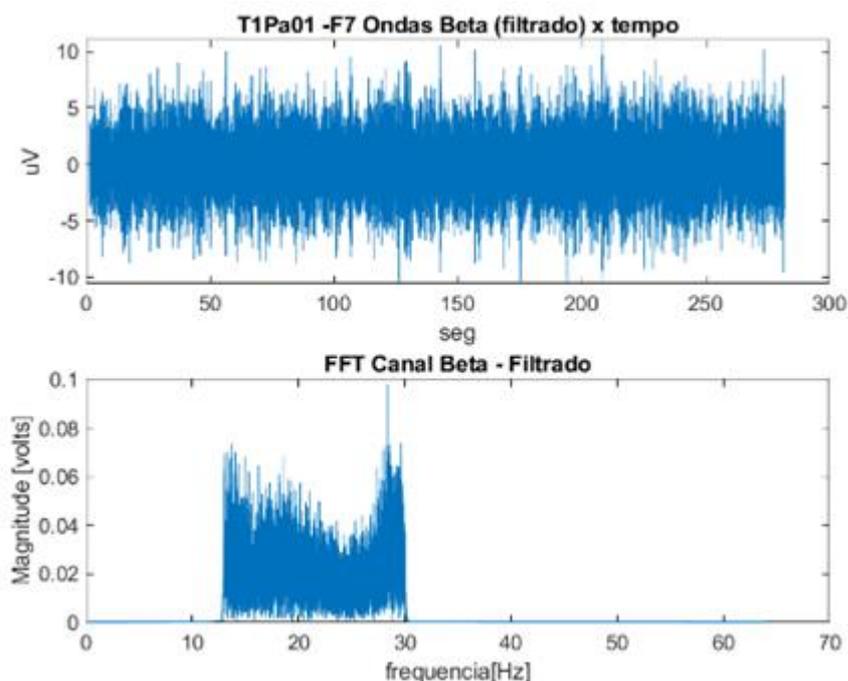
Em seguida, aplicamos filtros para redução dos ruídos e artefatos, sendo utilizado um filtro de passe de banda entre 0,5 e 30 Hz, para remoção dos artefatos (musculares, de movimento, sudorese), usamos o *Signal Processing*, uma caixa de ferramentas para análises e tratamento dos sinais de dados EEG. “O *Signal Processing Toolbox*™ fornece funções e aplicativos para gerenciar, analisar, pré-processar e extrair recursos de sinais amostrados” (SIGNAL PROCESSING TOOLBOX, 2022).

Com o *Signal Processing Toolbox*TM usamos a função *Designfilt* para testagem de filtros. Testamos os filtros FIR (Finite Impulse Response) e IIR (Infinite Impulse Response) sobre os dados, analisando a retirada dos ruídos e artefatos (a exemplo de artefatos musculares, de movimento, sudorese). Testamos os seguintes filtros:

- Low-pass filter: Um filtro passa-baixa, permite a passagem de baixas frequências sem dificuldades e atenua a amplitude das frequências maiores que a frequência de corte.
- Band-pass filter: filtro passa-faixa, permite a passagem das frequências de uma certa faixa e rejeita as frequências fora dessa faixa.
- High pass filter: Um filtro passa-altas ou passa-alto, permite a passagem das frequências altas com facilidade, e atenua a amplitude das frequências abaixo de frequência de corte.

Aplicamos a *Fast Fourier Transform* (FFT) decompondo o sinal em bandas de frequências, para posterior análise de cada uma delas, conforme mostra a Figura 7 .

Figura 7. Filtro aplicado no canal F7 - domínio do tempo e da frequência.



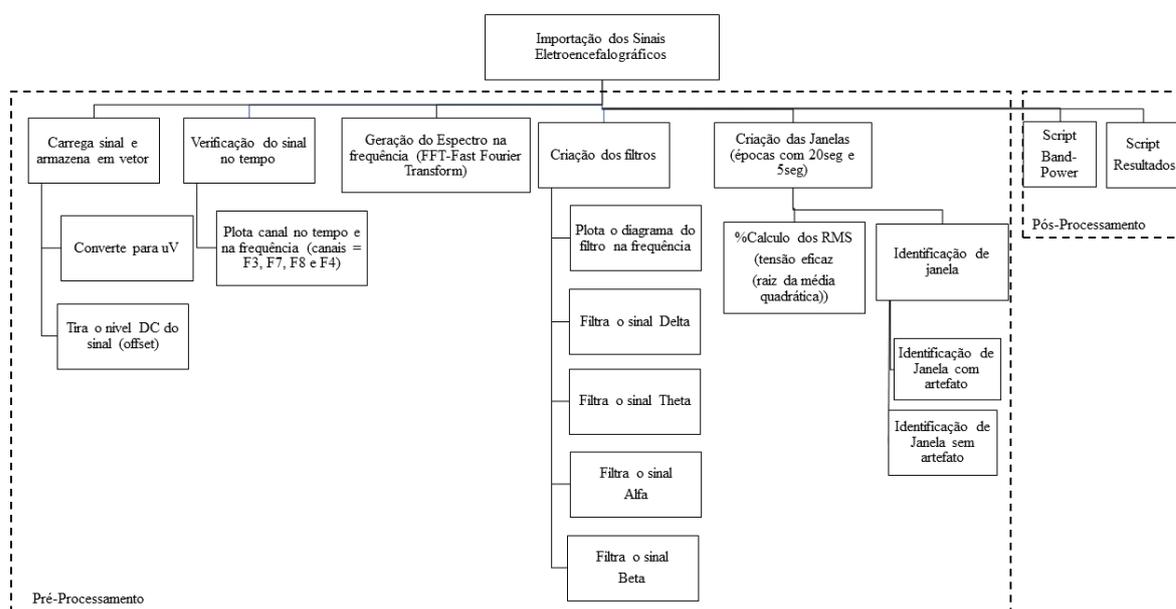
Fonte: autoria própria

E por fim, criamos algoritmo para fragmentar o sinal em “janelas”, apresentado na seção 4.2. Usamos o cálculo do valor RMS do sinal em cada janela (o valor eficaz, conhecido como valor RMS - Root Mean Square - Raiz Média Quadrática).

Etapa 4: Pós-processamento

Para o pós-processamento (Figura 8) foi desenvolvido algoritmos denominados “Ativação Cerebral” e “Band-Power”. Nesses algoritmos criamos funções para geração dos nossos resultados. Normalizamos a potência por eletrodos (F7, F3, F4 e F8), geramos gráficos com as bandas de frequência, para cada participante afásico e em seguida calculamos a média dos participantes.

Figura 8. Esquema do processamento de Dados.



Fonte: autoria própria.

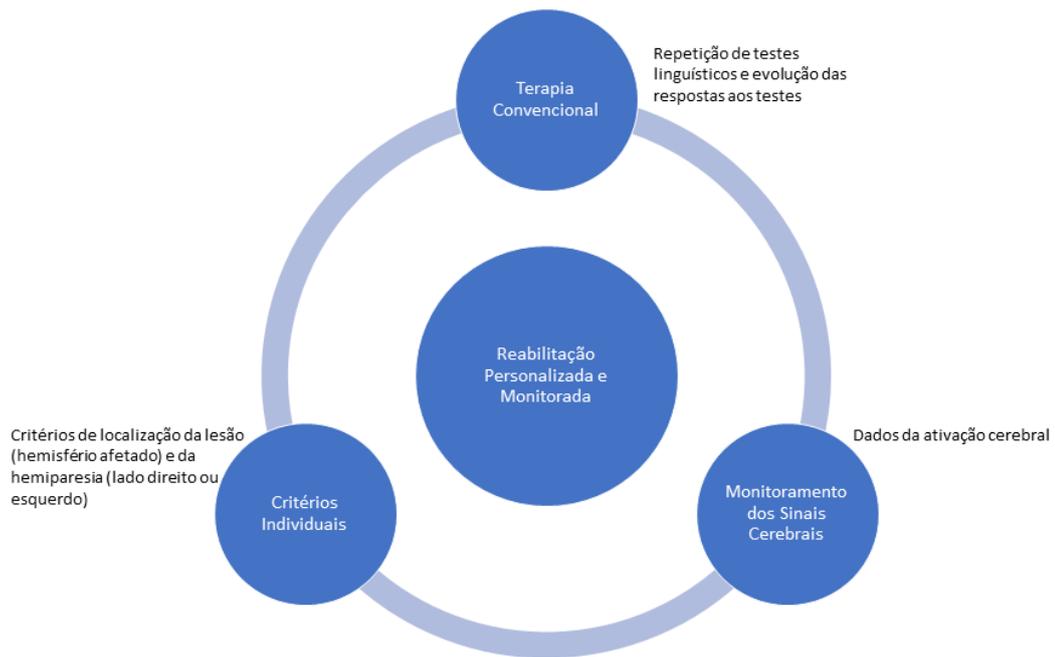
Calculamos também a diferença de ativação cerebral entre o hemisfério esquerdo e direito, plotando gráficos para posterior análise, tanto dos participantes individualmente, como para a média dos participantes. Para cada um dos quatro eletrodos calculamos também a potência média e potência mediana em cada banda de frequência, gerando gráficos por participante afásico.

Etapa 5: Apoio na Reabilitação Personalizada e Monitorada

Com os resultados gerados pela etapa 4 o profissional de saúde irá verificar, como cada paciente, de maneira personalizada, está reagindo às tarefas adotadas. Analisando e acompanhando a evolução da ativação cerebral do indivíduo, em ambos os hemisférios. Com os resultados obtidos, ele poderá ajustar ou manter as condutas

em estimulação de linguagem nos próximos atendimentos, monitorando o processo de reabilitação. A Figura 9 mostra o ciclo da reabilitação personalizada e monitorada como apoio à terapia convencional e a partir dos critérios individuais.

Figura 9. Reabilitação Personalizada e Monitorada.



Fonte: autoria própria.

3.11 As Tarefas usada na avaliação de linguagem

Conforme mencionado, usamos quatro tarefas de avaliação de linguagem do protocolo para adultos proposto pela Sociedade Americana de Neuroradiologia Funcional com adaptações para o idioma português, mantendo as recomendações do protocolo para as cores adotadas das letras e símbolos (na cor branca) e fundo da imagem (na cor preta). A seguir tem-se o detalhamento das tarefas adotadas.

3.11.1 Tarefa 1: Completar Sentenças.

A tarefa completar sentenças, aqui chamada de Tarefa 1 ou simplesmente T1, tem duração de 4 minutos (240seg). Sobre os estímulos da T1, o participante vê, em um monitor de vídeo, uma frase incompleta (por exemplo: Baleias e golfinhos vivem

no) e é solicitado que ele responda mentalmente, apenas pense na palavra (sem falar ou movimentar lábios). Enquanto a frase estiver na tela (5seg), o paciente deve continuar pensando em palavras alternativas que complete a frase até surgir uma próxima frase. Em seguida, surgem mais três frases para serem completadas mentalmente.

Finalizado o tempo de estímulo (20seg) inicia-se o “controle” da tarefa, onde o participante vê frases sem sentido (conjunto de letras separadas por espaços), com o mesmo tempo e quantidade de repetições. Assim, tem-se 4 frases de estímulos e 4 frases de controle, intercaladas nesta ordem, até completar o tempo de 4 minutos (240seg). A tarefa tem no total 24 frases de estímulo e 24 frases de controle.

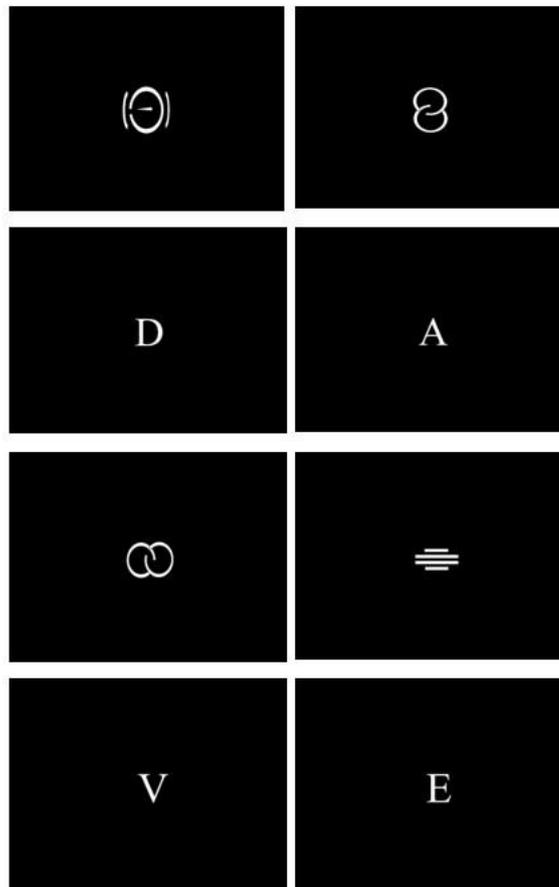
Esse procedimento ativa a área de Wernicke que fica localizada no hemisfério esquerdo, especificamente no lobo temporal, e é a área responsável pela compreensão e recepção da linguagem, o que significa que “podemos ativá-la sem necessariamente falar ou se comunicar, bastando ouvir ou ler para isso” (ARDILA, 2016). A execução da tarefa 1 tem ativação aumentada na região temporal e frontal, ativando assim tanto a área de Wernicke como a área de Broca (BLACK, 2017). Esta tarefa tem duração de 4min. Para o participante com baixa escolaridade, a pesquisadora fez a leitura da frase em voz alta, para que o participante completasse com palavras mentalmente.

3.11.2 Tarefa 2: Geração de Palavras Silenciosas

A tarefa de gerar palavras silenciosas tem como estímulo letras que surgem no monitor de vídeo. Ao visualizar a letra, o participante deve pensar, silenciosamente, em palavras que iniciam com a referida letra, enquanto a letra permanecer na tela (10seg). Quando surgir uma nova letra o participante deve novamente pensar, sem falar ou mover os lábios, em palavras que comecem com a letra que surgiu, e assim sucessivamente até finalizar a tarefa.

O período de estímulo de 20seg é seguido por um período de controle, também de 20seg. A sequência inicia com dois símbolos, apresentados um de cada vez, e depois duas letras, também, uma de cada vez. Assim, são dois símbolos e duas letras, nesta sequência. Totalizando 12 letras e 12 símbolos, conforme exemplo na Figura 10.

Figura 10. Exemplo Tarefa 2.



Fonte: (Black, 2017)

Segundo o protocolo de linguagem (Black, 2017) adotado neste estudo, a área frontal e temporal tem ativação aumentada com a execução desta tarefa, sendo a área frontal mais fortemente ativada. Destaque específico para a área de Broca sendo ativada. Esta tarefa tem duração de 4min.

3.11.3 Tarefa 3: Rima

Na tarefa de rima surge na tela do monitor de vídeo, duas palavras escritas uma acima da outra. Se essas palavras rimam o paciente deve apertar um botão. A tarefa inicia com uma sequência de cinco pares de palavras, cada par de palavras fica exposta na tela por 4seg.

Finalizada a sequência de pares de palavras, é projetada na tela pares de linhas orientadas diferentemente (um conjunto em cima do outro), conforme Figura 11. Se os dois conjuntos estiverem orientados de maneira idêntica o paciente deve apertar um botão. De igual forma, tem-se uma sequência de cinco pares de linhas.

Figura 11. Exemplo Tarefa 3.



Fonte: (Black, 2017)

Considerando que são seis repetições, tem-se 30 pares de palavras e 30 pares de linhas. Assim como acontece com a tarefa de geração de palavras silenciosamente (tarefa 2), a área frontal e temporal do cérebro tem ativação aumentada, sendo a área frontal mais fortemente ativada. Destaca-se que a área de Broca e Wernick são ativadas, sendo Wernick de maneira menos robusta.

Diante de restrições de movimentos (braço, mão ou dedos), dos participantes afásicos, foi necessário adaptar esta tarefa. Foi solicitado que os participantes pressionassem 3 dedos da mão juntos (dedo indicador, dedo polegar e o dedo médio da mão) como se apertasse um botão, ao invés de apertar um botão de um dispositivo físico. Assim, diante das palavras que rimam e diante das linhas orientadas no mesmo sentido, o paciente deveria pressionar os três dedos da mão. Esta tarefa teve duração de 4min.

3.11.4 Tarefa 4: Nomear Objetos

Cada objeto foi exposto na tela por 3seg. Nesta tarefa são apresentados objetos reais no monitor de vídeo. Para cada objeto que aparece na tela, o participante deve pensar no seu nome, como mostrado na Figura 12.

Figura 12. Participante realizando a tarefa4.



Fonte: autoria própria.

Finalizada a sequência de seis objetos tem-se um segmento com seis símbolos, que não serão nomeados (Figura 13).

Figura 13. Exemplos da Tarefa de Nomeação de Objetos.



Fonte: (Black, 2017)

Assim tem-se 36 objetos de estímulo e 36 símbolos de controle. A tarefa de nomeação de objetos ativa mais fortemente a região frontal do que a região temporal.

O protocolo de linguagem escolhido, proposto pela Sociedade Americana de Neuroradiologia Funcional, foi usado para avaliação de linguagem padrão, pois atinge o equilíbrio entre facilidade de aplicação e utilidade clínica. A literatura nos mostra que as instituições realizam suas pesquisas com diferentes métodos e técnicas e isso é fator complicador para o estudo do cérebro (Black, 2017). Esses fatores foram essenciais para o presente estudo, desenvolvido no CEPRED. Os resultados obtidos com a aplicação do protocolo e técnica de EEG, estão relatados a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo tem o objetivo de desenvolver um modelo de rastreabilidade da afasia, na perspectiva de subsidiar a atuação dos profissionais da saúde durante o processo de reabilitação.

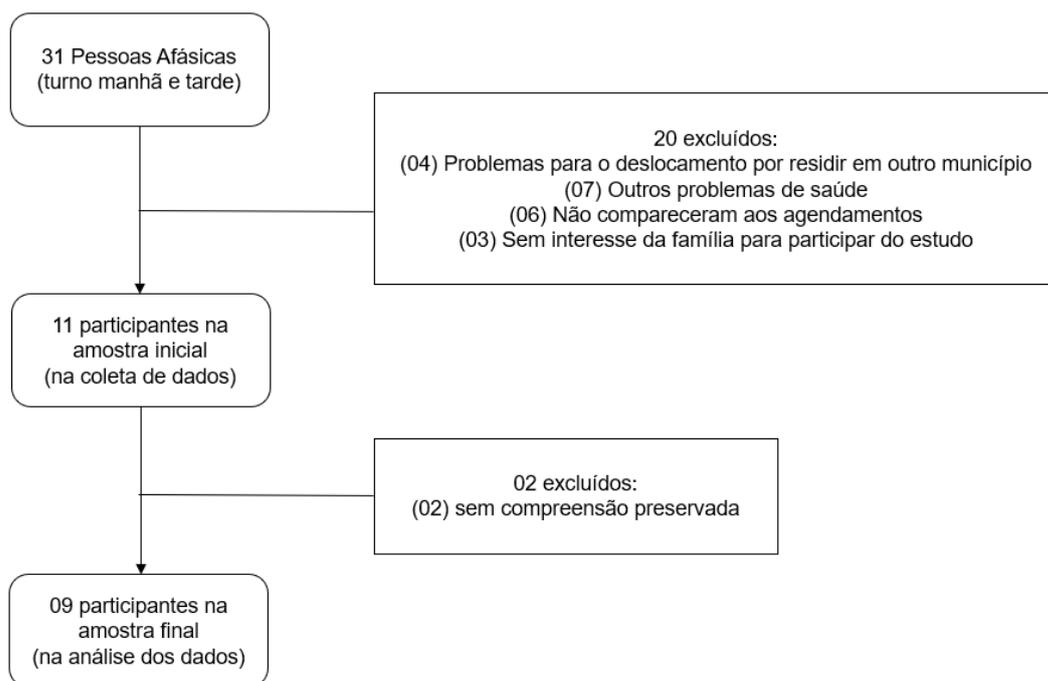
4.1 Caracterização da amostra

De acordo com as listagens de pacientes afásicos do CEPRED, em atendimento no turno da manhã e tarde, foi feita uma filtragem de acordo com os critérios de inclusão. A partir disso, chegou-se numa população composta por 31 afásicos, dos quais 20 foram excluídos pelos motivos evidenciados na Figura 14.

A amostra inicial foi constituída por 11 participantes (PA) em procedimento de

reabilitação no CEPRED. O grupo foi constituído por oito mulheres e três homens, com idade média de 54 ± 7 anos, sendo dez pessoas com lesão cerebral no hemisfério esquerdo e uma pessoa com lesão no hemisfério direito, todos com hemiparesia (dificuldade de movimentar metade do corpo), conforme apresentado na Tabela 5.

Figura 14: Composição da amostra



Fonte: autoria própria.

Durante a execução das tarefas foi observada diferença de comportamento em dois participantes. Apesar de ter orientado quanto a necessidade de ter atenção ao que seria apresentado na tela do monitor de vídeo, de não verbalizar palavras, de evitar movimentos da cabeça, membros superiores e inferiores, e de ter exibido os exemplos de como seria cada tarefa, dois participantes desviaram com frequência o foco de atenção para olhar as mãos, para objetos da sala e verbalizaram algumas palavras. Esse resultado era esperado e está alinhado com as características da tipologia da afasia, conforme descrito na literatura.

Esses dois participantes (PA10 e PA11) tinham diagnóstico de afasia global, que se refere “a um prejuízo severo em todas as funções relacionadas com a linguagem”, e afeta tanto a compreensão como a produção da fala, que são imperfeitas ou ausentes (SPRINGER, 1998).

Para os demais participantes, as tarefas transcorreram como previsto. Portanto,

para este estudo consideramos apenas os afásicos com compreensão preservada, com nove participantes na amostra final, conforme Figura 14.

4.2 Avaliação do Procedimento Experimental

Esse estudo foi desenvolvido em um centro de prevenção e reabilitação da pessoa com deficiência, e um dos desafios foi definir a estratégia que pudesse ser implementada fora do ambiente hospitalar, e que pudesse ser usada por profissionais da saúde, especialmente os fonoaudiólogos, em ambiente de reabilitação.

Para ter aplicabilidade em centro de reabilitação o modelo foi construído com base em três pilares: o pilar da acessibilidade (custo e a mobilidade do equipamento), da usabilidade (facilidade no uso do equipamento-terapia) e da tecnologia, se é invasiva ou não para o paciente.

Isto posto, adotamos como dispositivo (ou técnica) de coleta de dados, o eletroencefalograma para captar os sinais elétricos do cérebro. Adotamos também o protocolo de linguagem de referência para adultos, que evidencia as tarefas com as respectivas áreas de ativação cerebral, conforme mostra a Tabela 4 (Black, 2017) e assim haver a possibilidade de replicar o procedimento, com a bateria de tarefas, em outros ambientes de reabilitação. Desenvolvemos a parte computacional para tratamento dos dados brutos coletados com o EEG.

A decisão de definir uma bateria de teste foi desafiadora, mas assertiva para a validação do estudo e possibilidade de replicação em outros centros de reabilitação, pois a análise dos prontuários dos participantes nos revelou que a terapia fonoaudiológica, feita pelos fonoaudiólogos, seguem condutas variadas a exemplo de: aplicação de melodias, uso de prompt (pista para o paciente completar), praxias orofaciais (realizar movimentos com os músculos orais e da face) e pranchas de comunicação alternativa para facilitar a comunicação nas atividades diárias.

O uso do procedimento experimental nos revelou que o dispositivo EEG sem fio foi capaz de capturar adequadamente os sinais cerebrais dos participantes afásicos da nossa amostra, mesmo diante das limitações impostas pelo AVC. Observamos que o risco de cansaço excessivo, que havíamos cogitado, não foi identificado nos participantes. Percebemos também que como o instrumento não possuía fios isso gerou mais tranquilidade para os participantes durante o experimento. Tivemos o cuidado prévio de carregar 100% do dispositivo antes da coleta de dados.

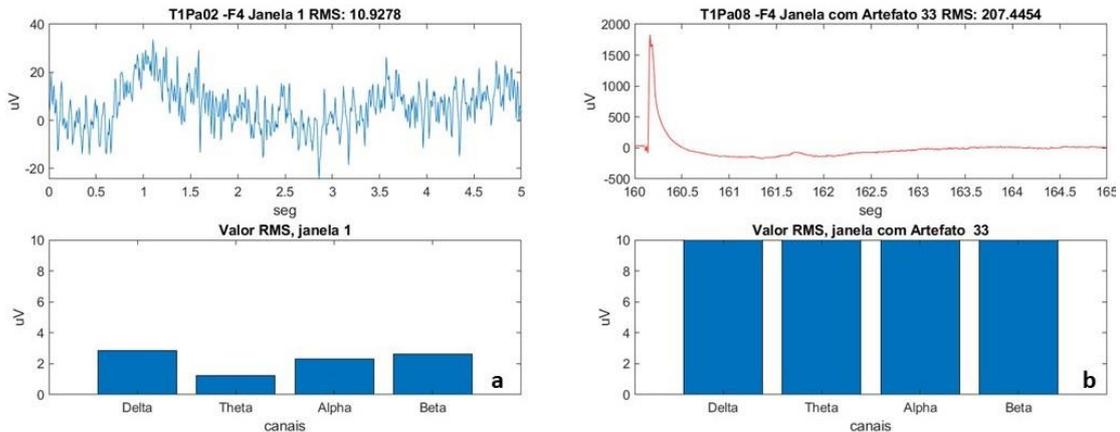
Ainda sobre a escolha do EEG, observamos que embora os eletrodos utilizados dispenssem o uso da pasta condutora, que reduz o tempo de preparo, o volume do cabelo do participante influenciou na conexão dos eletrodos, pela necessidade de afastamento dos fios para estabelecer a conexão. Assim, sugerimos previamente aos participantes, com volume de cabelo, que no dia da coleta fossem com os cabelos trançados e secos, reduzindo o esforço de conexão e cansaço do participante.

Sobre a parte computacional, para tratamento dos dados brutos coletados com o EEG, usamos o MATLAB por ser um software interativo onde trabalhamos com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos. O uso do MATLAB foi essencial para o desenvolvimento de scripts e testagem de filtros. Usamos funções preexistentes, a exemplo da função *Designfilt* do *Signal Processing Toolbox*™ já amplamente usada.

Desenvolvemos *scripts* (algoritmos) de: importação dos sinais, identificação dos dados (canais, filtros) e criação das “janelas”. A estratégia de criação de “janelas” é utilizada pelos profissionais de saúde para inspeção visual e seleção das janelas sem artefatos. A Figura 15 mostra exemplos de dois participantes (PA02 e PA08) e respectivos sinais cerebrais fragmentados em “janelas”, e captados pelo eletrodo frontal 4, durante a execução da Tarefa 1.

Na Figura 15(a) é mostrado o sinal eletroencefalográfico do paciente afásico Pa02 nos primeiros 5seg, ou simplesmente na janela 1. Na Figura 15(b) com o paciente afásico Pa08 é mostrado a janela 33, com traçado da linha na cor vermelha indicativo de artefato. A estratégia de criação de “janelas” se mostrou muito relevante para a análise dos dados.

Figura 15. Exemplos do sinal em janelas -T1.



Fonte: autoria própria

Ainda sobre a avaliação do procedimento experimental, realizamos a identificação da ativação cerebral por eletrodo, por hemisfério e identificação das potências das bandas. Com o desafio de criar o procedimento conseguimos criar o modelo de rastreabilidade conforme mostra a Figura 4.

Desenvolvemos também *script* denominado de “resultados”, para geração dos dados em formato gráfico e de tabelas, para facilitar a análise dos profissionais de saúde e apoio nas decisões a serem tomadas no processo de reabilitação do sujeito afásico. Na seção 4.3 evidenciaremos os resultados alcançados em cada uma das quatro tarefas.

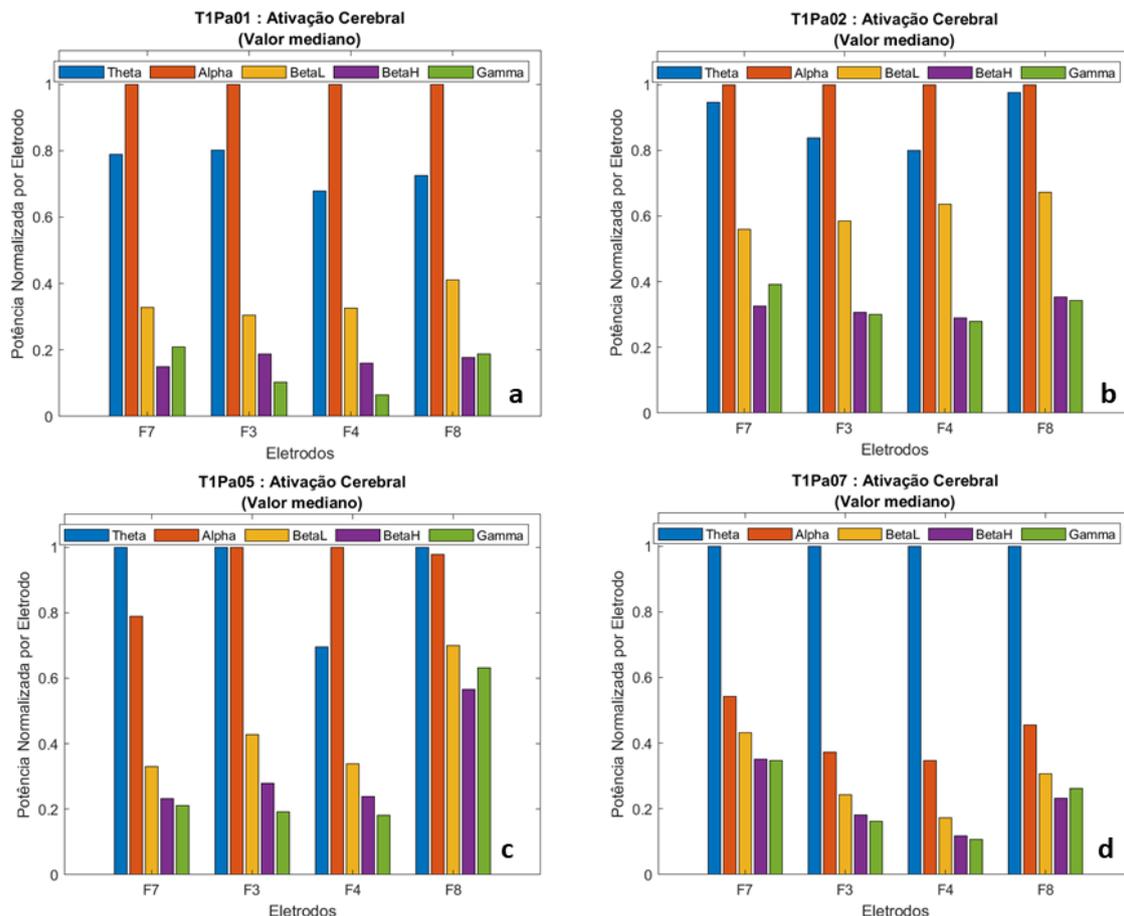
4.3 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 1 (T1)

Na nossa análise não incluímos os dados dos participantes com afasia global, consideramos apenas os afásicos com compreensão preservada em virtude da definição do método aqui adotado. Em todos os afásicos foi observada hemiparesia do lado direito, confirmado em análise dos relatórios de alta hospitalar. Com isso inferimos que a lesão cerebral, causada pelo AVC, está localizada no lado esquerdo e que a dominância da linguagem é no hemisfério esquerdo.

Após a coleta de dados, calculamos a ativação cerebral de cada participante afásico e em seguida plotamos gráficos para visualizar ativação cerebral nas respectivas bandas, conforme mostra a Figura 16, com exemplos de quatro participantes, (a) Participante afásico 1. (b) Participante afásico 2. (c) Participante afásico 5. (d) Participante afásico 7.

Calculamos o valor mediano de cada onda e normalizamos a potência por eletrodo, isso permitiu ter uma visão comparativa das frequências, participante por participante, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16. Exemplos de ativação cerebral por eletrodo



Fonte: autoria própria

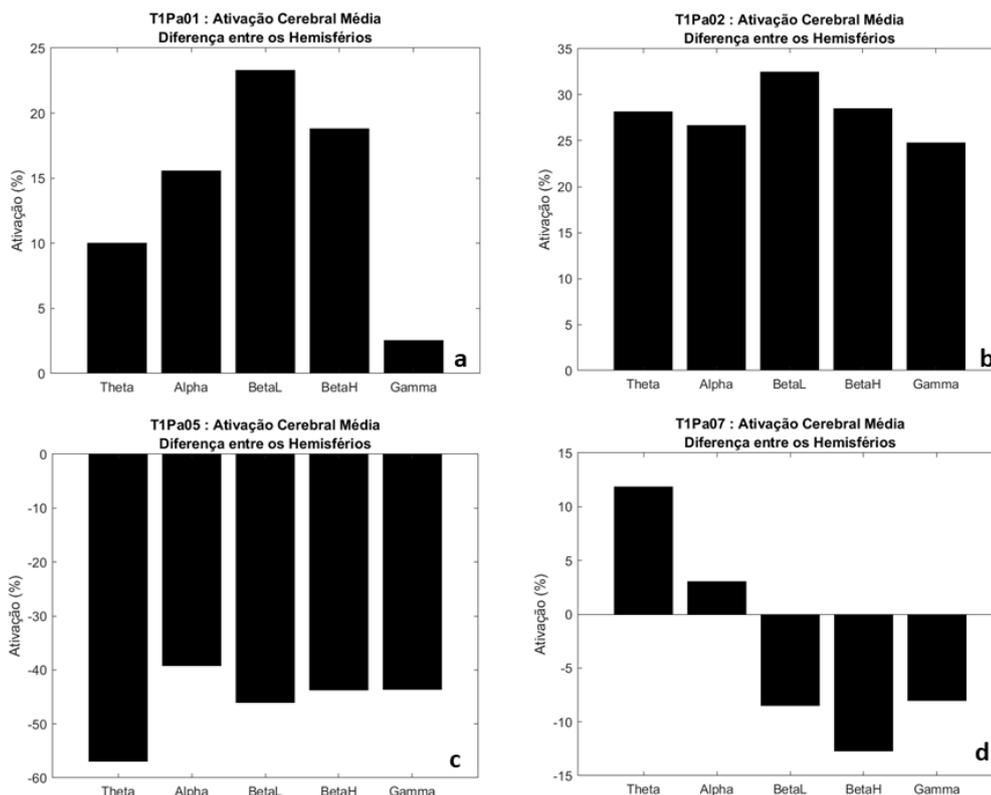
Ocultamos a onda Delta por ser registrada com mais frequência em bebês e crianças, e por estar relacionada aos movimentos involuntários do organismo, como a respiração, o batimento cardíaco e a digestão. Focando a nossa análise na tarefa de linguagem.

Com base nos dados coletados e analisados, evidenciamos aumento da atividade elétrica, durante a execução da tarefa, no hemisfério não dominante da linguagem, nesta amostra refere-se ao hemisfério direito. Este resultado pode estar nos revelando a migração da linguagem para o hemisfério contralateral, conforme mostra a Figura 17.

Para facilitar o entendimento da figura, nós consideramos o hemisfério

esquerdo como sendo os valores negativos (barras para baixo) e hemisfério direito como sendo os valores positivos (barras para cima). O valor mostrado no eixo y evidencia a diferença, em percentual, da ativação elétrica, entre os dois hemisférios do cérebro.

Figura 17. Exemplos da diferença na ativação elétrica entre hemisférios -T1.



Fonte: autoria própria.

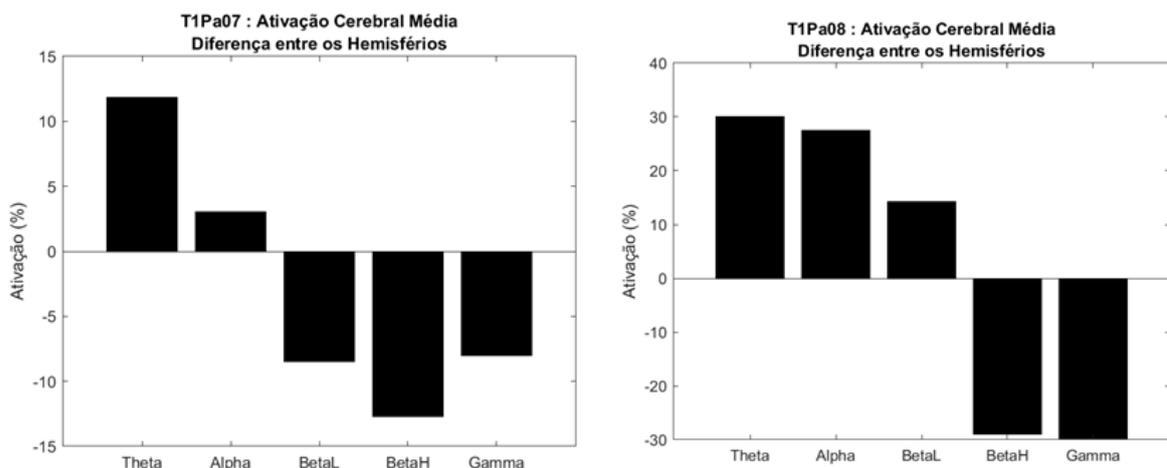
Em 5 participantes (Pa01, Pa02, Pa03, Pa04 e Pa06) encontramos maior ativação elétrica no hemisfério direito, em todas as frequências (Theta, Alpha, BetaL, BetaH, Gamma), conforme exemplos na Figura 17 (a, b). Dois participantes (Pa08 e Pa09) apresentaram maior atividade elétrica nas frequências Theta, Alpha e BetaL, também no hemisfério direito. Um participante (Pa07) teve maior ativação nas frequências Theta e Alpha no hemisfério direito, conforme Figura 17 (d). E um único participante (Pa_05) teve maior ativação em todas as frequências do hemisfério esquerdo, de acordo com a Figura 17 (c).

Nossos resultados convergem com o relato de Morais (2020) que enfatiza que o cérebro pode sofrer “translocação de funções primárias, principalmente quando a lesão está alocada no hemisfério dominante” (Morais, 2020). Embora o hemisfério

esquerdo seja considerado o “processador da linguagem superior”, caracterizado como verbal, analítico e inteligente (Harrington, 1989). Portanto, para este estudo, a translocação (movimento ou mudança de algo de um local para outro) da linguagem pode sim ter ocorrido para o hemisfério direito, visto que a linguagem destes afásicos está alocada no hemisfério esquerdo (dominante).

Na amostra analisada, apenas dois pacientes são do sexo masculino (Pa07 e Pa08), e para estes dois afásicos, encontramos menor ativação elétrica no hemisfério direito, em comparação aos demais pacientes do sexo feminino, conforme mostra a Figura 18. Embora a nossa amostra tenha predominância de participantes do sexo feminino não podemos afirmar que o resultado tenha esse viés. Para estudo futuro, sugere-se aumentar a amostra que possibilitará aplicar análise estatística aprofundada.

Figura 18. Ativação cerebral de participantes do gênero masculino



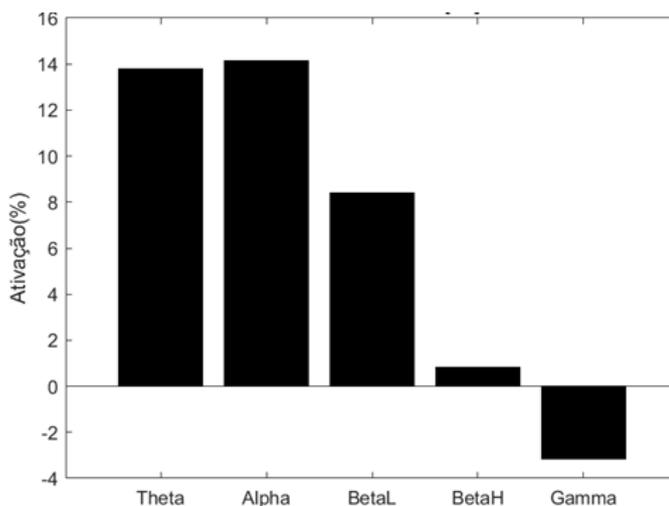
Fonte: autoria própria.

Como o quantitativo de participantes do sexo masculino é pequeno, não é possível fazer inferências sobre as diferenças entre gênero neste estudo. No entanto, esse resultado pode estar nos revelando uma menor migração da linguagem, talvez uma migração mais lenta ou menor recuperação. Na literatura científica encontramos convergência com outros estudos que sugerem que pode haver “uma diferença em relação ao comprometimento da linguagem e taxa de recuperação após o AVC, com as mulheres superando os homens” (Halpern, 2000). Para Kimura (1983) “existem diferenças de sexo na organização da fala e praxis no hemisfério esquerdo” e Núñez (2018) afirma que “os cérebros das mulheres são mais simétricos globalmente do que os dos homens” e enfatiza que várias estruturas foram identificadas, como sistematicamente, mais simétricas e que algumas dessas estão envolvidas na

produção linguística.

Embora a análise das tarefas tenha sido feita individualmente, pois cada participante possui características específicas e por conseguinte precisa ser analisado caso a caso, calculamos a ativação média dos participantes em cada tarefa para termos também essa visão.

Figura 19. Ativação cerebral média: diferença entre hemisférios -T1.



Fonte: autoria própria.

A Figura 19 nos mostra a diferença de ativação elétrica entre os hemisférios cerebrais, considerando a média dos participantes afásicos. Apenas a frequência gamma teve maior ativação no hemisfério esquerdo, com aproximadamente 4%. Essa frequência de onda está associada ao processamento de estímulos auditivos, táteis e visuais. As demais frequências (Theta, Alpha, BetaL e BetaH) tiveram maior ativação no hemisfério direito.

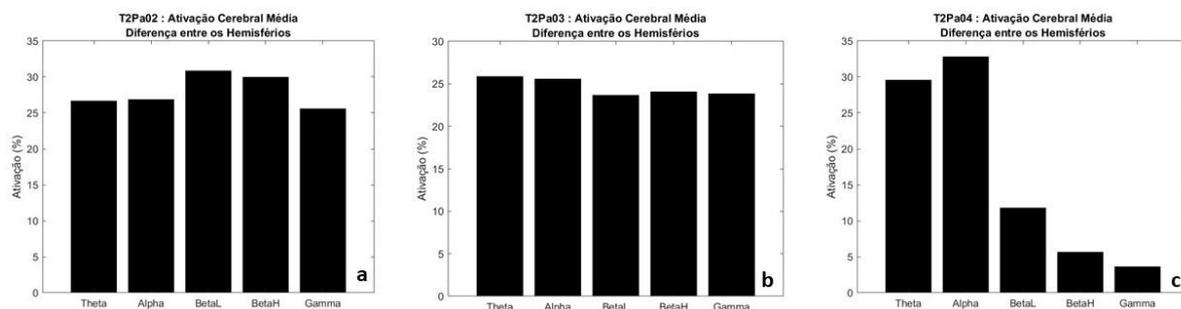
A tarefa de “completar sentenças” foi eficaz em ativar áreas de linguagem, usando um EEG, em ambos os hemisférios. Esses resultados convergem com o estudo de Lam (2016), que utilizou a magnetoencefalografia (MEG), com a tarefa de completar sentença, e enfatiza que a tarefa “recruta áreas distribuídas em ambos os hemisférios e se estende além das regiões da língua clássica”. E os resultados também mostraram ativação aumentada em área frontal contralesional, em hemisfério não dominante da linguagem.

4.4 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 2 (T2)

Analisando os resultados da tarefa 2 observamos que três participantes afásicos (Pa02, Pa03 e Pa04) tiveram maior ativação elétrica no hemisfério direito (barras para cima) do que no hemisfério esquerdo (barras para baixo) em todas as frequências de onda: Theta, Alfa, BetaL, BetaH, Gama, conforme mostra a Figura 20.

Na Figura 20(a) observamos que o participante teve um aumento de 25% a 30% maior na ativação elétrica do lado direito do cérebro, do que no hemisfério esquerdo que é o hemisfério dominante da linguagem. Já na Figura 20(b) o participante tem em média 25% de maior ativação no hemisfério direito. E na Figura 20(c) o participante também apresentou ativação elétrica aumentada no lado direito do cérebro, com as frequências Theta e Alpha com aproximadamente 30% de maior ativação do lado direito, enquanto as demais frequências (BetaL, BetaH e Gama) com maior atividade elétrica também no hemisfério direito, embora com menores percentuais de ativação.

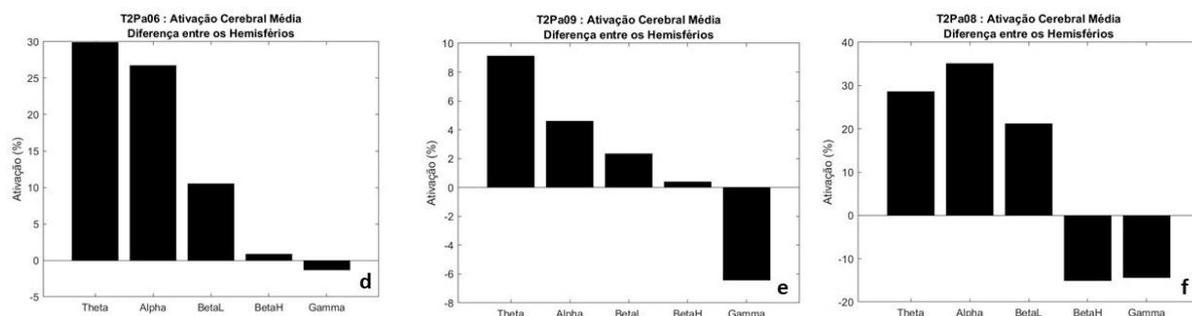
Figura 20. Maior ativação do hemisfério direito - T2.



Fonte: autoria própria.

A Figura 21 mostra três participantes afásicos (Pa06, Pa08 e Pa09) que tiveram de três a quatro frequências com maior ativação no hemisfério direito do cérebro. Observamos também que a frequência Gamma, nos três participantes, ficou mais ativa no hemisfério esquerdo. Essa frequência de onda está associada ao processamento de estímulos auditivos, táteis e visuais.

Figura 21. Maior ativação do hemisfério direito, 3 a 4 frequências - T2

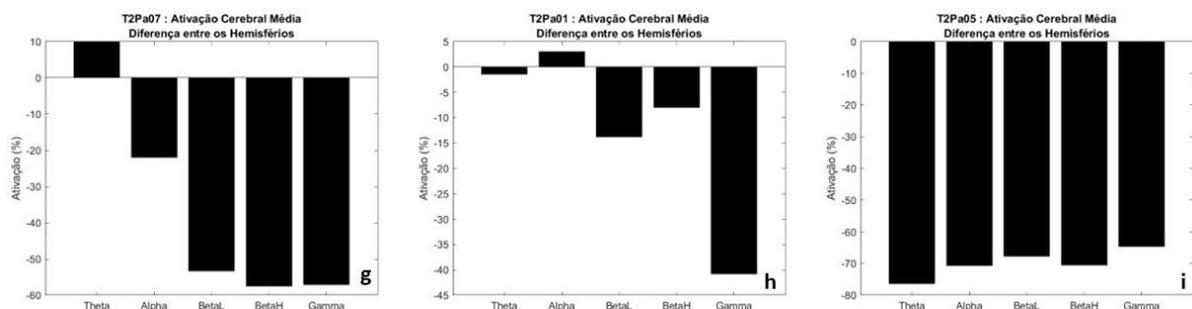


Fonte: autoria própria.

A análise da tarefa 2 evidenciou que em nossa amostra, 6 de 9 participantes (Fig.20 e Fig.21) apresentaram aumento da ativação elétrica no hemisfério não dominante da linguagem, sendo: 3 de 9 participantes com as 5 frequências Theta, Alpha, BetaL, BetaH e Gamma em maior ativação do hemisfério direito (fig.20); 2 de 9 participantes com 4 frequências Theta, Alpha, BetaL, BetaH, mais ativas no lado direito (Fig.21(d) e Fig.21(e)); 1 de 9 participantes com 3 frequências Theta, Alpha, BetaL, mais ativadas no hemisfério direito (Fig.21(f)).

Já a Figura 22 mostra que 3 dos 9 participantes (Pa01, Pa05 e Pa07) tiveram de 4 a 5 frequências mais ativadas no hemisfério esquerdo do cérebro (barras para baixo) com um único participante Figura 22(i) com todas as frequências de ondas mais ativas no hemisfério esquerdo, o hemisfério da linguagem.

Figura 22. Maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo - T2.



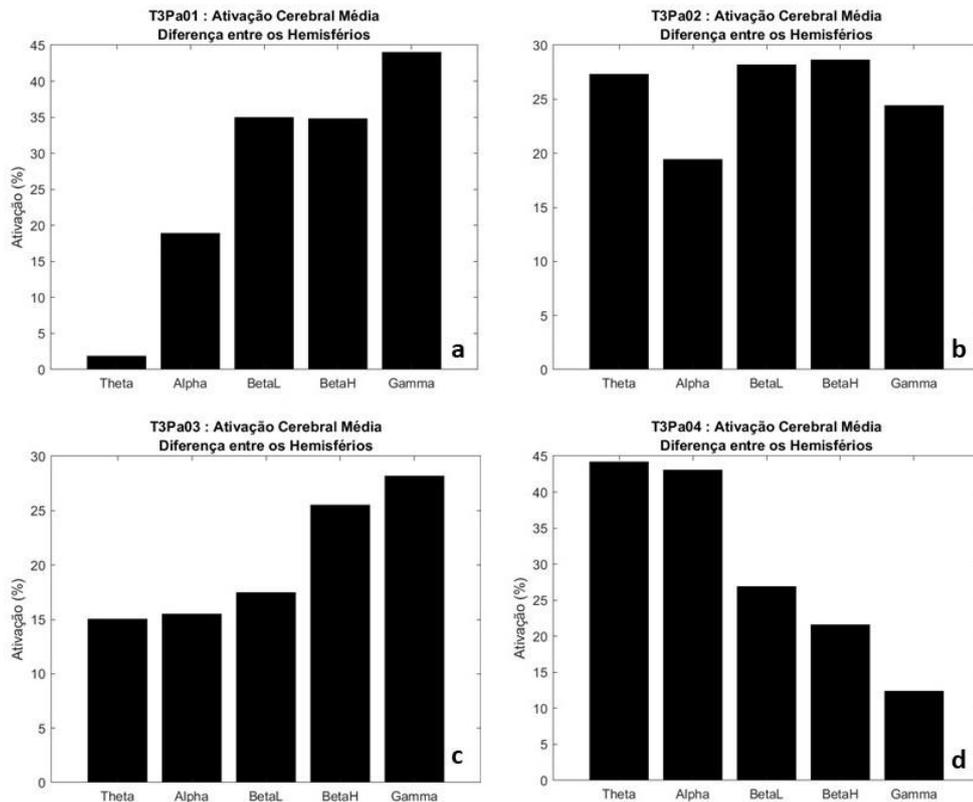
Fonte: autoria própria.

4.5 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 3 (T3)

Na tarefa 3 realizamos a coleta de dados em 8 de 9 participantes. Um dos participantes (Pa8) interrompeu o protocolo e não deu continuidade à tarefa 3, alegando cansaço. A Figura 23 mostra quatro participantes afásicos (Pa01, Pa02,

Pa03 e Pa04) com maior ativação elétrica no hemisfério direito em todas as frequências.

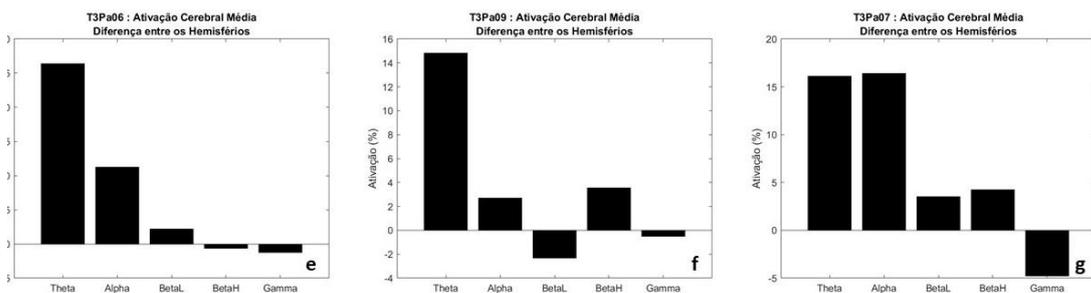
Figura 23. Maior ativação do hemisfério direito - T3.



Fonte: autoria própria.

Na Figura 24 três participantes afásicos (Pa06, Pa07 e Pa09) tiveram de três a quatro frequências com maior ativação no hemisfério direito do cérebro. Observamos também que a frequência Gamma, nos três participantes, ficou mais ativa no hemisfério esquerdo.

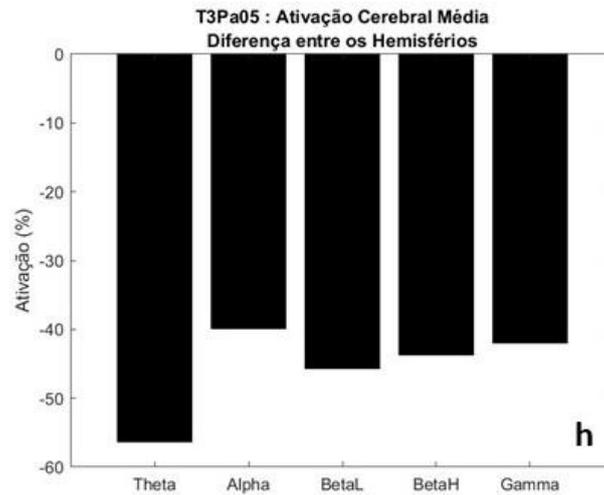
Figura 24. Maior ativação do hemisfério direito, 3 a 4 frequências - T3



Fonte: autoria própria.

Um único participante afásico (Pa05) apresentou maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo em todas as frequências, conforme mostra a Figura 25.

Figura 25. Maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo - T3.

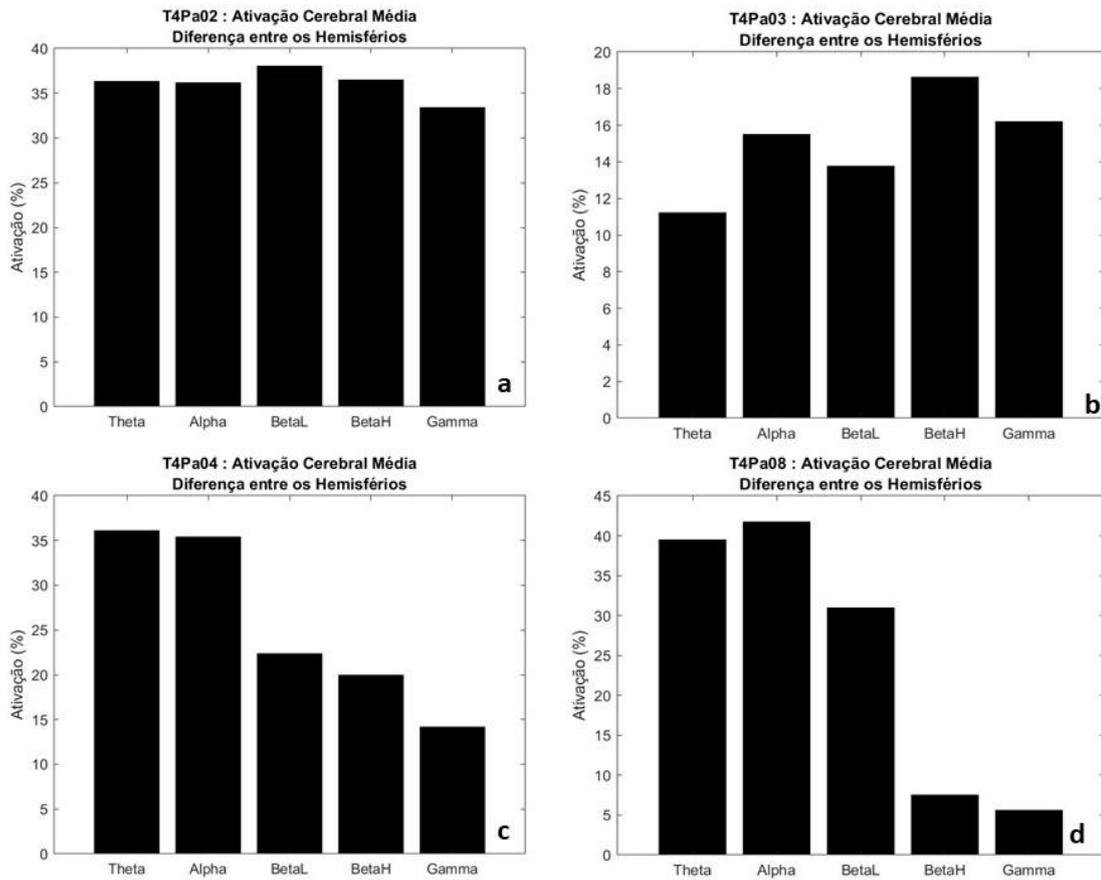


Fonte: autoria própria.

4.6 Análise dos sinais eletroencefalográficos dos afásicos: tarefa 4 (T4)

Analisando os resultados da tarefa 4, observou-se que quatro participantes (Pa02, Pa03, Pa04, Pa08) apresentaram maior ativação elétrica no hemisfério direito (barras para cima) em todas as frequências de onda (Theta, Alfa, BetaL, BetaH, Gama), conforme mostra a Figura 26.

Figura 26. Maior ativação do hemisfério direito – T4.

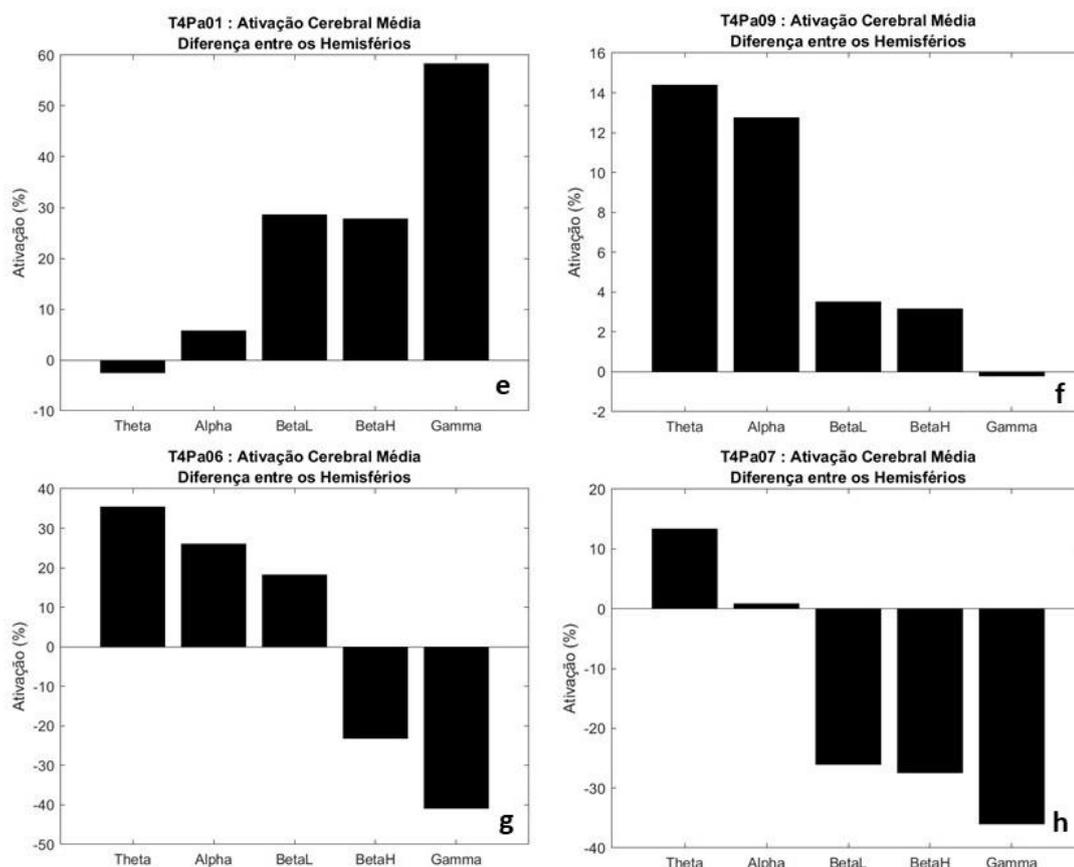


Fonte: autoria própria.

No participante Pa02 (Fig.26(a)), por exemplo, observa-se, em média, um aumento 35% maior na ativação do lado direito do cérebro, que é o hemisfério não-linguístico dominante. O valor mostrado no eixo y mostra a diferença, em porcentagem, da ativação elétrica entre os dois hemisférios do cérebro.

O participante Pa01 e o participante Pa09 (Figura 27 (e, f)) também apresentaram ativação elétrica aumentada no lado direito do cérebro, com frequência única (Theta e Gama, respectivamente) com maior atividade elétrica no hemisfério esquerdo, embora com valores próximos a zero.

Figura 27. Maior ativação do hemisfério direito, 2 a 4 frequências - T4

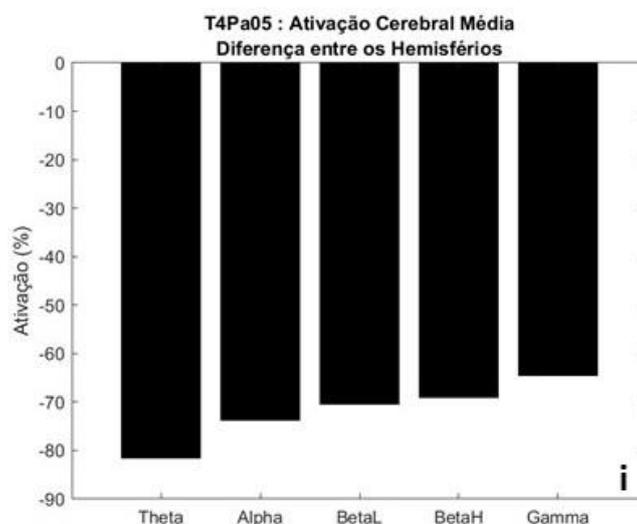


Fonte: autoria própria.

Ainda sobre a Figura 27, observa-se que o participante Pa06 (Figura 27(g)), apresentou maior ativação elétrica no lado direito do cérebro, nas frequências Theta, Alpha e Beta L e o participante Pa07 (Figura 27(h)) teve maior ativação elétrica no hemisfério direito nas frequências Theta e Alpha, e nesta última frequência com um valor muito próximo de zero.

Na Figura 28 pode-se observar que um único participante (Pa05) apresentou maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo (barras para baixo), em todas as frequências de onda.

Figura 28. Maior ativação elétrica no hemisfério esquerdo – T4.



Fonte: autoria própria.

Na análise da tarefa 4, verificou-se que 6 de 9 participantes (Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa08 e Pa09) apresentaram aumento da ativação elétrica no hemisfério não dominante da linguagem. Verificou-se também que 2 de 9 afásicos (Pa06 e Pa07) tiveram 3 frequências (Theta, Alpha e BetaL) e 2 frequências (Theta e Alpha) respectivamente, com aumento da ativação elétrica no lado direito. Isso pode estar revelando uma migração de linguagem, processamento contralateral. E 1 de 9 participantes apresentou todas as frequências aumentadas no hemisfério esquerdo, o lado do cérebro que foi lesionado.

4.7 Contribuições do estudo

Os resultados deste estudo podem contribuir para os programas de reabilitação de afasia, no que diz respeito ao uso da técnica do EEG associado a um recurso computacional mensurável, para identificar áreas de maior ativação cerebral durante a reabilitação.

E para servir de apoio para os profissionais de saúde no acompanhamento, manutenção ou adaptação das condutas em estimulação de linguagem, de maneira personalizada.

Os resultados obtidos poderão também nortear a construção de novas estratégias terapêuticas e monitoramento dos pacientes afásicos, para melhoria do

déficit de linguagem.

Uma maior contribuição do córtex frontal do hemisfério direito, durante a tarefa, pode estar nos mostrando uma migração da função da linguagem e conseqüentemente uma melhora no processo de reabilitação da afasia.

Espera-se que o modelo MARA possa ser implementado futuramente em centro de reabilitação, incorporando a análise dos sinais eletroencefalográficos ao processo de reabilitação tradicional, permitindo o uso desta tecnologia como apoio ao longo do tratamento.

4.8 Vantagens e Limitações do Estudo

Como vantagens do método adotado, destacamos três elementos: a acessibilidade que em comparação com o método que faz uso de RMF, por exemplo, além de possuir alto custo, são robustas e dificultam a mobilidade. Outra vantagem é a usabilidade, ou seja, a facilidade de uso do método pelos profissionais da saúde, em especial os fonoaudiólogos, em ambiente clínico de reabilitação. E a terceira vantagem é o fato do método, de monitoramento eletrofisiológico, não ser invasivo para o participante.

A limitação notável neste estudo foi o tamanho da nossa amostra, que foi atribuído à complexidade da condição dos participantes, na sua maioria apresentavam depressão, tristeza e limitações para deslocamentos. Por conseguinte, os resultados podem não ser aplicáveis a todos os participantes afásicos, e não excluem a possibilidade do uso de outras técnicas.

5 CONCLUSÕES

Foi confirmada a hipótese de que investigando a ativação elétrica cerebral e as frequências das ondas, durante a execução dos testes de linguagem, podemos analisar se há ativação em área não dominante da linguagem.

No presente estudo, foi feita definição do procedimento experimental considerando a aplicabilidade em centros de reabilitação para coletar e analisar os sinais eletroencefalográficos de pessoas afásicas que haviam sofrido AVC. A quantidade e definição das tarefas, para a avaliação da função da linguagem, foram

cuidadosamente investigados na literatura. Adotou-se o protocolo padrão de avaliação de linguagem, desenvolvido pela Sociedade Americana de Neuroradiologia Funcional (BLACK, 2017) e para coletar os sinais cerebrais dos indivíduos afásicos usou-se um EEG portátil.

Com a adoção do protocolo de referência, com uma bateria de tarefas linguísticas, alcançamos uniformidade no estudo, que incluiu quatro tarefas: completar sentença, geração de palavras silenciosas, rima e nomeação de objetos.

Não foi encontrado na literatura nenhum estudo correspondente em termos da reabilitação da afasia e análise da ativação eletroencefalográfica com EEG, fora do ambiente hospitalar.

Pesquisas anteriores mostraram que bateria de tarefas são usadas na reabilitação dos afásicos, mas negligenciam a possibilidade da “rastreadabilidade da reabilitação”, ou seja, de fazer um acompanhamento e análise de dados coletados durante o processo de reabilitação, ao longo do tempo. Isso pode ser devido a não experimentação de técnicas acessíveis em ambiente de reabilitação, como é o caso do eletroencefalograma.

O modelo foi criado para avaliar os instrumentos e procedimentos, com o foco na ativação cerebral de participantes afásicos, por meio dos critérios de localização da lesão (hemisfério afetado) e da hemiparesia (lado direito ou esquerdo).

Nas quatro tarefas, em geral, observou-se que os participantes afásicos apresentaram aumento da ativação elétrica no hemisfério não dominante da linguagem. Isso pode estar nos revelando uma migração de linguagem, processamento contralateral. Este resultado é muito interessante pois a ideia é quem migra a função para o outro lado, recupera mais a linguagem. No entanto, verificou-se um único participante que apresentou maior ativação cerebral (Pa05) no hemisfério esquerdo afetado, em todas as tarefas executadas.

Pelos resultados encontrados, sugere-se que o modelo de rastreadabilidade pode ser utilizado na reabilitação da afasia de pacientes com AVC, porém a lateralidade da lesão e a presença de hemiparesia, devem ser consideradas na análise dos resultados. A reabilitação personalizada e monitorada fornecerá benefícios ao profissional da saúde na conduta terapêutica, e para o paciente afásico é esperado que ao visualizar os resultados, possam servir como estímulo a uma maior participação no processo e redução na evasão do tratamento.

O método proposto tem algumas implicações positivas a exemplo da possibilidade da visualização gráfica de quais áreas estão mais ativas no cérebro, e em especial se há ativação em áreas não dominante da linguagem, o que pode indicar melhora na reabilitação do participante, podendo, inclusive, provocar um maior envolvimento do afásico.

Outra implicação é a personalização na conduta terapêutica, ou seja, o fonoaudiólogo poderá personalizar a bateria de teste das sessões terapêuticas, de cada participante, com base nas sessões anteriores, na evolução e monitoramento da ativação cerebral.

Conclui-se então que a adoção do modelo proposto pode apoiar a alteração da conduta terapêutica, criando um ambiente propício para a personalização da reabilitação da pessoa afásica.

Estudos futuros devem incluir a avaliação dos demais lóbulos cerebrais e adicionar mais participantes afásicos, bem como realizar maior número de coletas individuais para acompanhar a reabilitação da afasia por um tempo maior de reabilitação.

Esperamos também, que outros estudos possam dar continuidade a esta linha de investigação trabalhando com a aplicação de redes neurais artificiais e inteligência artificial, com a utilização do modelo MARA, para tentar associar os padrões de EEG com a patologia da afasia e tentar predizer a melhora do afásico.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Elisabeth Araujo de et al. **Afasia e inclusão social: panorama brasileiro na Fonoaudiologia**. Distúrbios da comunicação. São Paulo. Vol. 33, n. 2 (jun. 2021), p. 349-356., 2021.
- ALTMANN, Raira Fernanda; SILVEIRA, Arieli Bastos da; PAGLIARIN, Karina Carlesso. **Intervenção fonoaudiológica na afasia expressiva: revisão integrativa**. Audiology-Communication Research, v. 24, 2019.
- ARDILA, Alfredo; BERNAL, Byron; ROSSELLI, Monica. **How localized are language brain areas? A review of Brodmann areas involvement in oral language**. Archives of Clinical Neuropsychology, v. 31, n. 1, p. 112-122, 2016.
- BADCOCK, Nicholas A. et al. **Validation of the Emotiv EPOC® EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs**. PeerJ, v. 1, p. e38, 2013.
- BASSO, Anna; FORBES, Margaret; BOLLER, François. **Rehabilitation of aphasia. Handbook of clinical neurology**, v. 110, p. 325-334, 2013.
- BENSENOR, Isabela M. et al. **Prevalência de acidente vascular cerebral e de incapacidade associada no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde-2013**. Arquivos de Neuro-Psiquiatria, v. 73, n. 9, p. 746-750, 2015.
- BLACK, D. F. et al. **American society of functional neuroradiology–recommended RMF paradigm algorithms for presurgical language assessment**. American journal of neuroradiology, v. 38, n. 10, p. E65-E73, 2017.
- BOCQUELET, Florent et al. **Key considerations in designing a speech brain-computer interface**. Journal of Physiology-Paris, v. 110, n. 4, p. 392-401, 2016.
- BRADY, Marian C. et al. **Speech and language therapy for aphasia following stroke**. Cochrane database of systematic reviews, n. 6, 2016.
- BRUMBERG, Jonathan S. et al. **Brain–computer interfaces for speech communication**. Speech communication, v. 52, n. 4, p. 367-379, 2010.
- BVS. **Biblioteca Virtual em Saúde**. Disponível em: <<https://bvsalud.org/>>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- CASARIN, Fabíola Schwengber et al. **Instrumentos de avaliação breve da comunicação: ferramentas existentes e sua aplicabilidade clínica**. Revista CEFAC, v. 13, p. 917-925, 2011.
- CHEN, Zhe Sage et al. **Modern Views of Machine Learning for Precision Psychiatry**. arXiv preprint arXiv:2204.01607, 2022.

- CHOINSKI, M., Szelag, E., Wolak, T., & Szymaszek, A. (2020). **Working memory in aphasia: the role of temporal information processing**. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 589802.
- CHRISTENSEN, Stephanie C.; WRIGHT, Heather Harris; RATIU, Ileana. **Working memory in aphasia: Peeling the onion**. *Journal of Neurolinguistics*, v. 48, p. 117-132, 2018.
- CODE, Chris; HERRMANN, Manfred. **The relevance of emotional and psychosocial factors in aphasia to rehabilitation**. *Neuropsychological rehabilitation*, v. 13, n. 1-2, p. 109-132, 2003.
- CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. Sage publications, 2017.
- DA CUNHA LIMA, Claudia Simões Pinto; WINKLER, Ingrid; DE SENNA, Valter. **Sobreviventes do Covid e do AVC, têm em comum uma jornada de reabilitação: reflexões sobre a afasia e tecnologia**. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 15, n. 1, p. 434-451, 2023.
- DAMIANI, Daniel; NASCIMENTO, Anna Maria; PEREIRA, Letícia Kühl. **Funções corticais cerebrais—o legado de Brodmann no século XXI**. *Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia: Brazilian Neurosurgery*, 2016.
- DOOGAN, Catherine et al. **Aphasia recovery: When, how and who to treat?**. *Current neurology and neuroscience reports*, v. 18, n. 12, p. 1-7, 2018.
- EMOTIV; **Frequency-Bands**; Disponível em <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/data-streams/frequency-bands>. Último acesso em 01 de novembro de 2022.
- FOUAD, Islam A. **A robust and reliable online P300-based BCI system using Emotiv EPOC+ headset**. *Journal of Medical Engineering & Technology*, v. 45, n. 2, p. 94-114, 2021.
- FONTANESI, Sabrina Roberta Oliveira; SCHMIDT, Andréia. **Intervenções em afasia: uma revisão integrativa**. *Revista CEFAC*, v. 18, p. 252-262, 2016.
- FORMAGGIO, Emanuela et al. **Modulation of event-related desynchronization in robot-assisted hand performance: brain oscillatory changes in active, passive and imagined movements**. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2013.
- FORMICA, Caterina et al. **Cortical Reorganization after Rehabilitation in a Patient with Conduction Aphasia Using High-Density EEG**. *Applied Sciences*, v. 10, n. 15, p. 5281, 2020.
- FUSTER, Joaquín M. **Frontal lobe and cognitive development**. *Journal of neurocytology*, v. 31, n. 3-5, p. 373-385, 2002.

- GEUZE, Jeroen; FARQUHAR, Jason; DESAIN, Peter. **Towards a communication brain computer interface based on semantic relations**. PLoS One, v. 9, n. 2, p. e87511, 2014.
- GIL, C. (2007) **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4.ed - 9. Reimpr., São Paulo, atlas.
- GRIMSHAW, Jeremy et al. **Experimental and quasi-experimental designs for evaluating guideline implementation strategies**. Family practice, v. 17, n. suppl_1, p. S11-S16, 2000.
- HALPERN, Diane F. **Diferenças sexuais em habilidades cognitivas**. Imprensa de psicologia, 2000.
- HAMDAN, Amer Cavalheiro; DE ALMEIDA PEREIRA, Ana Paula. **Neuropsychological assessment of executive functions: Methodological questions**. Psicologia, Reflexão e Crítica, v. 22, n. 3, p. 386, 2009.
- HARRINGTON, Anne. **Medicine, mind, and the double brain: A study in nineteenth-century thought**. Princeton University Press, 1989.
- HILL, Katya; KOVACS, Thomas; SHIN, Sangeun. **Critical issues using brain-computer interfaces for augmentative and alternative communication**. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, v. 96, n. 3, p. S8-S15, 2015.
- HORNE-THOMPSON, Anne; DAVESON, Barbara; HOGAN, Bridgit. **A project investigating music therapy referral trends within palliative care: An Australian perspective**. Journal of music therapy, v. 44, n. 2, p. 139-155, 2007.
- JURADO, María Beatriz; ROSSELLI, Mónica. **The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding**. Neuropsychology review, v. 17, p. 213-233, 2007.
- KAMAVUAKO, Ernest Nlandu et al. **Classification of overt and covert speech for near-infrared spectroscopy-based brain computer interface**. Sensors, v. 18, n. 9, p. 2989, 2018.
- KLEIH, Sonja C. et al. **Toward a P300 based brain-computer interface for aphasia rehabilitation after stroke: presentation of theoretical considerations and a pilot feasibility study**. Frontiers in human neuroscience, v. 10, p. 547, 2016.
- KIM, Jongin; LEE, Suh-Kyung; LEE, Boreom. **EEG classification in a single-trial basis for vowel speech perception using multivariate empirical mode decomposition**. Journal of neural engineering, v. 11, n. 3, p. 036010, 2014.
- KIMURA, Doreen. **Sex differences in cerebral organization for speech and praxic functions**. Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie, v. 37, n. 1, p. 19, 1983.

- KLUG, Marius; GRAMANN, Klaus. **Identifying key factors for improving ICA-based decomposition of EEG data in mobile and stationary experiments**. European Journal of Neuroscience, v. 54, n. 12, p. 8406-8420, 2021.
- KOTOWSKI, Krzysztof et al. **Validation of Emotiv EPOC+ for extracting ERP correlates of emotional face processing**. Biocybernetics and Biomedical Engineering, v. 38, n. 4, p. 773-781, 2018.
- KUNST, Leticia Regina et al. **Eficácia da fonoterapia em um caso de afasia expressiva decorrente de acidente vascular encefálico**. Revista CEFAC, v. 15, p. 1712-1717, 2013.
- LAM, Nietzsche HL et al. **Neural activity during sentence processing as reflected in theta, alpha, beta, and gamma oscillations**. Neuroimage, v. 142, p. 43-54, 2016
- LEMAIRE, Jean-Jacques et al. **Extended Broca's area in the functional connectome of language in adults: combined cortical and subcortical single-subject analysis using RMF and DTI tractography**. Brain Topography, v. 26, n. 3, p. 428-441, 2013.
- LIANG, Shuang et al. **Adaptive Multimodel Knowledge Transfer Matrix Machine for EEG Classification**. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2022.
- LIGHT, Janice; MCNAUGHTON, David. **Putting people first: Re-thinking the role of technology in augmentative and alternative communication intervention**. Augmentative and Alternative Communication, v. 29, n. 4, p. 299-309, 2013.
- MARSHALL, Jane et al. **Evaluating the benefits of aphasia intervention delivered in virtual reality: results of a quasi-randomised study**. PloS one, v. 11, n. 8, p. e0160381, 2016.
- MATHWORKS; **Data-Analysis**; Disponível em <https://www.mathworks.com/products/matlab/data-analysis.html>. Último acesso em 01 de novembro de 2022.
- MATTIOLI, Flavia. **The clinical management and rehabilitation of post stroke aphasia in Italy: evidences from the literature and clinical experience**. Neurological Sciences, v. 40, n. 7, p. 1329-1334, 2019.
- MELEK, Mesut; MANSHOURI, Negin; KAYIKÇIOĞLU, TEMEL. **Low-cost brain-computer interface using the emotiv epoc headset based on rotating vanes**. Traitement du Signal, v. 37, n. 5, 2020.
- MEKARU, Daniela Tsyme; SHIBAYAMA, Meire Tieme; LIANZA, Sérgio. **Reabilitação fonoaudiológica hospitalar na afasia após acidente vascular cerebral**. Med. reabil, p. 19-22, 2014.

- MINEIRO, Ana et al. **Revisitando as Afasias na PALPA-P**. Cadernos de Saúde, p. 135-145, 2008.
- MORAIS, Mariana Pastro. **Classification of hemispheric language laterality in functional magnetic resonance imaging using machine learning**. 2020. Master's dissertation. Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul.
- NICOLO, Pierre et al. **Coherent neural oscillations predict future motor and language improvement after stroke**. Brain, v. 138, n. 10, p. 3048-3060, 2015.
- NÚÑEZ, Christian et al. **A large-scale study on the effects of sex on gray matter asymmetry**. Brain Structure and Function, v. 223, n. 1, p. 183-193, 2018.
- PAGLIARIN, Karina Carlesso et al. **Instruments for language assessment following a left brain damage/Instrumentos para avaliacao da linguagem pos-lesao cerebrovascular esquerda**. Revista CEFAC: Atualizacao Cientifica em Fonoaudiologia e Educacao, v. 15, n. 2, p. 444-455, 2013.
- PLOWMAN, Emily; HENTZ, Brecken; ELLIS, Charles. **Post-stroke aphasia prognosis: A review of patient-related and stroke-related factors**. Journal of evaluation in clinical practice, v. 18, n. 3, p. 689-694, 2012.
- POMMEREHN, Jodeli; DELBONI, Miriam Cabrera Corvelo; FEDOSSE, Elenir. **International Classification of Functioning, Disability and Health, and aphasia: a study of social participation**. In: CoDAS. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 2016. p. 132-140.
- PORTAL-REGISTROCIVIL; **Portal de Transparência do Registro Civil**, Disponível em <https://transparencia.registrocivil.org.br/inicio>. Último acesso em 21 de outubro de 2022.
- PORTO, Patrícia et al. **Evidências científicas das neurociências para a terapia cognitivo-comportamental**. Paidéia (Ribeirão Preto), v. 18, p. 485-494, 2008.
- RILEY, Eilyn A.; MCFARLAND, Dennis J. **EEG error prediction as a solution for combining the advantages of retrieval practice and errorless learning**. Frontiers in Human Neuroscience, v. 11, p. 140, 2017.
- RON-ANGEVIN, R.; VARONA-MOYA, S.; DA SILVA-SAUER, L. **Initial test of a T9-like P300-based speller by an ALS patient**. Journal of neural engineering, v. 12, n. 4, p. 046023, 2015.
- SALIS, Christos; KELLY, Helen; CODE, Chris. **Assessment and treatment of short-term and working memory impairments in stroke aphasia: a practical tutorial**. International Journal of Language & Communication Disorders, v. 50, n. 6, p. 721-736, 2015.
- SIGNAL PROCESSING TOOLBOX. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/signal.html>. Último acesso em 01 de novembro de 2022.

- SILVEIRA, Arieli Bastos da; PAGLIARIN, Karina Carlesso. **Efeito do modelo terapêutico de recuperação de palavras em um paciente afásico expressivo: relato de caso.** Revista CEFAC, v. 21, 2019.
- SMITH, Michael E.; MCEVOY, Linda K.; GEVINS, Alan. **Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition.** Cognitive Brain Research, v. 7, n. 3, p. 389-404, 1999.
- SPEAKE, Jane. **"Book Review: Royal College of Speech and Language Therapists."** Child Language Teaching and Therapy 22, no. 3 (2006): 362-364.
- SPRINGER, Sally P. **Cérebro esquerdo, cérebro direito.** Grupo Editorial Summus, 1998.
- SREEDHARAN, Sujesh et al. **Self-regulation of language areas using real-time functional MRI in stroke patients with expressive aphasia.** Brain Imaging and Behavior, v. 14, n. 5, p. 1714-1730, 2020.
- TAVARES, Maurício Campelo; ENG, M.; BIOMÉDICA, Eng. Eeg e potenciais evocados—uma introdução. Contronic Sistemas Automáticos Ltda, p. 1-13, 2011.
- THIBAUT, Robert T.; LIFSHITZ, Michael; RAZ, Amir. **The self-regulating brain and neurofeedback: experimental science and clinical promise.** cortex, v. 74, p. 247-261, 2016.
- YU, Je-Hun; SIM, Kwee-Bo. **Classification of color imagination using Emotiv EPOC and event-related potential in electroencephalogram.** Optik, v. 127, n. 20, p. 9711-9718, 2016.
- YU, Tzu-Yi; HO, Hsu-Hua. **Designing an efficient electroencephalography system using database with embedded images management approach.** Computers in Biology and Medicine, v. 44, p. 27-36, 2014.
- ZAPATA, Dariusz et al. The impact of different visual feedbacks in user training on motor imagery control in BCI. Applied psychophysiology and biofeedback, v. 43, n. 1, p. 23-35, 2018.
- ZHANG, Yu et al. **Improving EEG decoding via clustering-based multitask feature learning.** IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2021.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Fui convidado (a) como voluntário (a) a participar do estudo “Tecnologia de Apoio à Afasia” que tem como objetivo investigar os elementos facilitadores da comunicação (físicos e lógicos) para desenvolver um modelo computacional acessível, paciente afásico-EEG-BCI, na expectativa de apoiar a neuroreabilitação. A pesquisa está sob responsabilidade da pesquisadora Claudia Simões Pinto da Cunha Lima, com a orientação dos pesquisadores e professores: Valter de Senna e Ingrid Winkler, do Senai/Cimatec da PróReitoria de Pós-graduação e Pesquisa.

Os pesquisadores acreditam que ela seja importante porque poderá contribuir com o processo de diagnóstico e reabilitação da afasia. A minha participação no referido estudo será da seguinte forma: Assistirei a quatro vídeos diferentes, com duração de 4 (quatro) minutos cada um. Cada vídeo corresponde a uma tarefa. Durante a execução das tarefas ficarei sentado(a) na frente de uma tela de computador utilizando um equipamento de eletroencefalograma (EEG) sem fio sobre a minha cabeça que irá captar os sinais do cérebro. Cada atividade tem a duração de 4 (quatro) minutos, totalizando assim 16 (dezesseis) minutos. Essa participação será realizada no Centro Estadual de Prevenção e Reabilitação da Pessoa com Deficiência - CEPRED ou no Centro Universitário Senai-Cimatec.

Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, tais como: ajudar na celeridade do diagnóstico em centro de reabilitação com grande demanda atendimentos, em clínicas ou em outras unidades de saúde voltadas à reabilitação; poderá colaborar com o processo de reabilitação personalizado e interativo; é esperado que possa servir de apoio para o surgimento de novas tecnologias assistivas e acessíveis às diferentes afasias; por fim poderá favorecer o entendimento dos fatores que interferem na linguagem do sujeito afásico e o mapeamento dos componentes de sistema computacional que podem favorecer o processo de comunicação do indivíduo. Fui informado(a) também, que não há riscos em relação ao equipamento pois ele é sem fio, não havendo risco de choque. Poderá haver um pouco de cansaço no momento de ajuste do equipamento, momento necessário para a conexão. Para minimizar o risco de cansaço extremo (possível fadiga), a pesquisadora irá previamente preparar todo o ambiente e checar todos os equipamentos para que o participante fique apenas o tempo necessário para a conclusão das atividades.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo. Os pesquisadores se responsabilizam pela guarda e confidencialidade destes dados, bem como a não exposição dos mesmos. Todos os documentos e dados físicos oriundos da pesquisa ficarão guardados em segurança por cinco anos e em seguida descartados de forma ecologicamente correta.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação. Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou

RUBRICA DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

RUBRICA DO PESQUISADOR

retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência a que tenho direito.

A participação no estudo não terá nenhum custo para mim e não será disponibilizada nenhuma compensação financeira, assim como não terei direitos sobre produtos de propriedade intelectual decorrentes dos resultados. Fui esclarecido (a) de que o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) é composto por um grupo de pessoas que estão trabalhando para garantir que meus direitos como participante de pesquisa sejam respeitados. O CEP tem a obrigação de avaliar se a pesquisa foi planejada e se está sendo executada de forma ética. Se eu achar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como fui esclarecido (a) ou que estou sendo prejudicado (a) de alguma forma, poderei entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do SENAI-CIMATEC Salvador pelo telefone (71) 3879 5501, entre segunda e sexta-feira das 13h30min às 17h30min ou no endereço Av. Orlando Gomes, 1845 – Piatã, Salvador, Sala do Instituto de Tecnologia da Saúde, prédio CIMATEC-2, 1º Andar, ou pelo e-mail cepcimatec@fieb.org.br. Poderei também entrar em contato com o CEP SESAB pelo telefone (71) 3116-0236 ou no endereço Av. Antônio Carlos Magalhães, s/n Iguatemi ou pelo e-mail sesab.cep@saude.ba.gov.br.

Declaro que li e entendi todas as informações presentes neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e tive a oportunidade de discutir as informações deste termo. Todas as minhas perguntas foram respondidas e eu estou satisfeito com as respostas. Entendo que receberei uma via assinada e datada deste documento e que outra via assinada e datada será arquivada pelo pesquisador responsável do estudo. Assim, para a minha participação neste estudo, devo assinar ou registrar a minha digital no espaço reservado para “assinatura do participante da pesquisa”. Tendo sido orientado quanto ao teor deste estudo e compreendido a natureza e o objetivo do mesmo, manifesto meu livre consentimento em participar.

Dados do participante da pesquisa	
Nome:	
Telefone:	
E_mail:	

Salvador, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante da
Pesquisa

Assinatura do Pesquisador
Claudiaspcl@gmail.com

ANEXO A - PROTOCOLO DE PESQUISA PARA AVALIAÇÃO DE LINGUAGEM

Leitura em Voz alta para o Participante:

Você foi convidado (a) como voluntário (a) a participar do estudo “Tecnologia de Apoio à Afasia” que tem como objetivo investigar a dificuldade da fala (afasia), na expectativa de apoiar a reabilitação. Você assinou o “TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)” o seu nome e dados pessoais serão mantidos em sigilo, de maneira a não te identificar. Você irá agora, participar da pesquisa, executando 4 tarefas, onde cada tarefa tem a duração de 4 minutos.

OBS: Se o participante não souber ler → A frase será lida pela pesquisadora para ele completar “pensando na palavra”. O mesmo com as demais tarefas. Usamos o Paradigma de Linguagem adulto, disponível no site da ASFNR (<https://www.asfnr.org/paradigms>) com algumas adaptações na tarefa 1 e 3, validadas por profissional da fonoaudiologia do CEPRED.

Etapas:

1. Executar o pré-teste: arquivo em powerpoint com pelo menos dois exemplos de cada tarefa para que o participante confirme o entendimento e possa tirar eventuais dúvidas antes de iniciar a sessão de coleta. Neste momento é solicitado que o participante evite movimentar cabeça e membros superiores e inferiores, para minimizar a ocorrência de artefatos.
2. Executar tarefas: 1, 2, 3 e 4

TAREFA 1: Conclusão de Frases (duração total da tarefa = 4 minutos)

Serão mostradas algumas frases e você deve **pensar** em uma palavra ou palavras para completar a frase. Você não deve falar e sim **PENSAR na palavra** que completa a frase. Se houver tempo, você deve continuar a pensar em outras palavras que também completam a frase, antes da próxima frase ser apresentada. Podemos iniciar a tarefa? (Pesquisadora pressiona tecla “1” de início).

Leões tem bem afiados _____.
Sopa deveria ser tomada com _____.
Baleias e golfinhos vivem no _____.
Bebês chorões fazem muito _____.

Ela gosta de comer chocolate _____.
Quando a luz fica verde você _____.
Um triângulo tem três _____.
Antes de ir para cama ela escova seus _____.

No fundo da piscina tinha _____ de mergulho .
Na praia há muita _____.
Quando lá fora está quente eu gosto de comer _____.
Não tem escola no sábado nem no _____.

Ele escreveu um bilhete em um pedaço de _____.
Quando as luzes se apagam é _____.
Cinderela sentou-se no _____.
O oposto de dentro é _____.

Eu guardo meu dinheiro no _____.
Para fazer o roxo você mistura vermelho e _____.
Se você comer muito você vai ficar _____.
Astronautas usam foguetes para ir para fora _____.

Um jogo de futebol tem onze _____.
Ele comeu uma manteiga de amendoim e geleia _____.
Gatos ronronam quando estão _____.
Se você deixar sorvete no sol ele vai _____.

TAREFA 2:Tarefa Silenciosa de Geração de Palavras (duração total da tarefa = 4 minutos)

Nessa segunda tarefa será apresentada uma única letra para você, e você deverá “pensar silenciosamente” em palavras que começam com a referida letra, até que apareça a próxima letra.

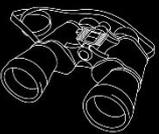
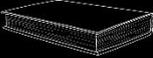
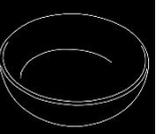
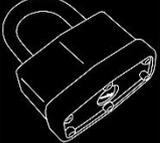
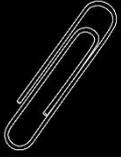
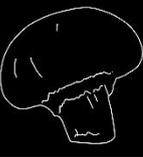
>> Podemos iniciar a tarefa? (Pesquisadora pressiona tecla “1” de início)

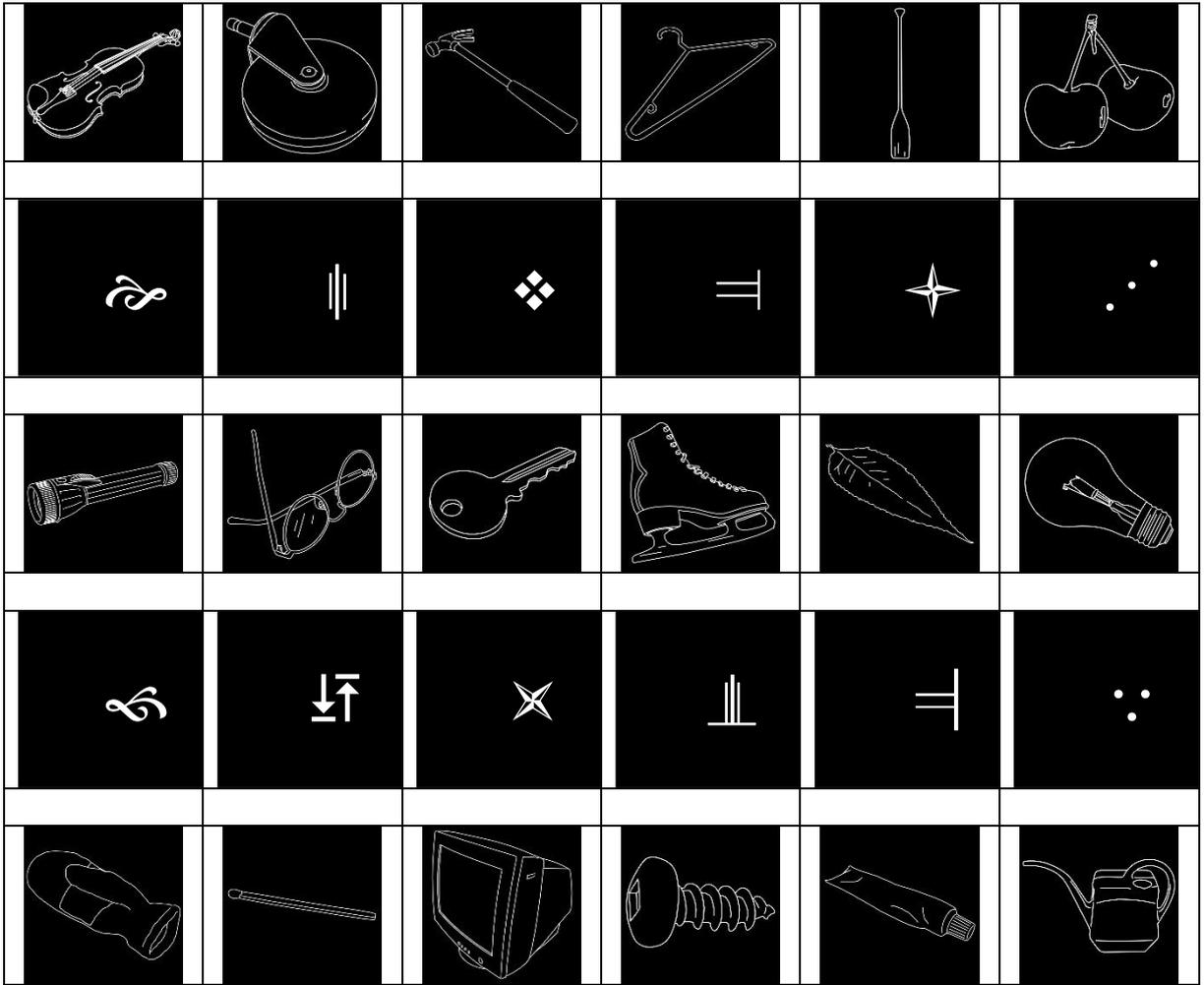
	⊖			⊖	
	D			A	
	∞			≡	
	V			E	
	⊗			≡	
	M			I	
	⊥			⊖	
	K			U	
	∥			⊥	
	L			S	
	⊖			⊖	
	T			P	

TAREFA 4: Nomeação de Objetos em Silêncio (duração total da tarefa = 4 minutos)

Estamos na quarta tarefa, serão mostrados alguns objetos em preto e branco e você deverá nomeá-los de forma silenciosa.

>> Podemos iniciar a tarefa? (Pesquisadora pressiona tecla "1" de início)



PRODUÇÃO CIENTÍFICA

- LIMA, Claudia et al. **Analysis of brain activation and wave frequencies during a sentence completion task: a paradigm used with EEG in aphasic participants.** PeerJ, v. 11, p. e15518, 2023.
- LIMA, Claudia Simões Pinto; WINKLER, Ingrid; DE SENNA, Valter. **Sobreviventes do Covid e do AVC, têm em comum uma jornada de reabilitação: reflexões sobre a afasia e tecnologia.** Cuadernos de Educación y Desarrollo, v. 15, n. 1, p. 434-451, 2023.
- LIMA, Claudia, Lopes JA, Souza V, Barros S, Winkler I, Senna V. (2023). **Aphasia Rehabilitation: Decision Support Model.** Journal of Bioengineering, Technologies and Health. , v.6, p.199 - 207, 2023.
- LIMA, Claudia et al. **Computational strategy for aphasia support: Estratégia computacional de apoio à afasia.** Concilium, v. 24, 2024.