



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Centro de Ciências Humana, Letras e Artes

Departamento de Psicologia

Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento

ALINE MIRANDA DE VASCONCELOS

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO
RECONHECIMENTO DE IDENTIDADE E EMOÇÕES FACIAIS APÓS ACIDENTE
VASCULAR CEREBRAL

JOÃO PESSOA

2025

ALINE MIRANDA DE VASCONCELOS

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO
RECONHECIMENTO DE IDENTIDADE E EMOÇÕES FACIAIS APÓS ACIDENTE
VASCULAR CEREBRAL

Tese apresentada para Defesa ao Programa
de Pós-graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento,
nível Doutorado, da Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Torro Alves.

JOÃO PESSOA

2025



Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento

Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
Campus I – Cidade Universitária

CEP 58051-900 João Pessoa/PB – BRASIL

ATA DE DEFESA (TESE)

Aos vinte dias do mês de janeiro de dois mil e vinte e cinco, às nove horas, em formato remoto(<https://us06web.zoom.us/j/88470411991?pwd=herOJZ2U2NBkbeZLbLb9bcErI8YVQq.1>), reuniram-se em solenidade pública os membros da comissão designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento para o exame da tese de doutorado da discente **ALINE MIRANDA VASCONCELOS**, matrícula 20201028907. Foram componentes da banca examinadora os Professores Doutores: Nelson Torro Alves (presidente/orientador), Maria José Nunes Gadella (membro interno), Wânia Cristina de Souza (membro externo à instituição/UNB); Aline Mendes Lacerda (membro externo à instituição/UFPE) e Luis Fernando Cardenas Parra (membro externo à instituição/Universidad de Los Andes). Dando início aos trabalhos, o presidente da banca, Prof. Dr. Nelson Torro Alves, após declarar o objetivo da reunião, apresentou a examinanda Aline Miranda Vasconcelos e, em seguida, concedeu-lhe a palavra para que apresentasse o seu trabalho, intitulado: **“Efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua no Reconhecimento de Identidade e Emoções Faciais após Acidente Vascular Cerebral”**. Passando então ao aludido tema, a examinanda foi a seguir arguida pelos examinadores na forma regimentar. Ato contínuo passou a comissão, em secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito **“APROVADO”**, o qual foi proclamado pela presidência logo que esta foi franqueada ao recinto da solenidade pública. A versão final do trabalho deverá ser depositada em até 90 dias, contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora. A discente não terá o título se não cumprir as exigências acima. Nada mais havendo a tratar, eu, **NELSON TORRO ALVES**, presidente da comissão examinadora, lavrei a presente ata, que depois de lida e aprovada por todos, assino juntamente aos demais membros da banca. João Pessoa, 20 de janeiro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **ALINE MIRANDA DE VASCONCELOS**
Data: 24/01/2025 12:36:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aline Miranda Vasconcelos (Doutoranda/PPGNeC)

Documento assinado digitalmente
 **NELSON TORRO ALVES**
Data: 24/01/2025 19:02:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Nelson Torro Alves (Presidente/Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **MARIA JOSE NUNES GADELHA**
Data: 24/01/2025 10:52:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Maria José Nunes Gadella (Membro Interno)

Wânia Cristina de Souza.

Dra. Wânia Cristina de Souza (Membro Externo à Instituição)



Documento assinado digitalmente

ALINE MENDES LACERDA

Data: 24/01/2025 10:15:01-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Aline Mendes Lacerda (Membro Externo à Instituição)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Aline Mendes Lacerda", written over the printed name.

Dr. Luis Fernando Cardenas Parra (Membro Externo à Instituição)

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

V331e Vasconcelos, Aline Miranda de.

Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no reconhecimento de identidade e emoções faciais após acidente vascular cerebral / Aline Miranda de Vasconcelos. - João Pessoa, 2025.

174 f.: il.

Orientação: Nelson Torro Alves. Tese (Doutorado)
- UFPB/CCHLA.

1 . Neurociência - Reconhecimento de emoção facial.
2 . Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua. 3. Reconhecimento de identidade facial. 4. Reconhecimento de faces - Pacientes pós-AVC. 5. Identidade e emoções faciais após AVC. I. Alves, Nelson Torro. II. Título.

UFPB/BC

CDU 612.822(043)

*Dedico esta tese a meu tio Glaudis de Miranda que
desde muito cedo me incentivou e
acreditou que tudo isso seria possível.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e a São Sebastião, que foi meu intercessor ao longo de toda esta jornada, iluminando meu caminho e fortalecendo minha fé nos momentos mais desafiadores. Coincidência ou não, dia 20/01, o dia agendado para a minha defesa é também o dia em que São Sebastião é celebrado e não haveria dia melhor para concluir esse sonho.

Aos meus pais e ao meu irmão, pela base sólida de amor e apoio incondicional, tudo que eu tenho hoje foi graças a vocês, que são fundamentais na minha vida. Espero que, um dia, eu possa retribuir tudo em dobro. Ao meu marido, Omark Duarte, pela paciência, incentivo e compreensão ao longo desses anos, obrigada por tudo.

À minha cadela Rubi, que foi um alicerce silencioso e constante. Sua companhia trouxe conforto, amor e paz em momentos em que tudo parecia mais difícil.

Gostaria de dedicar um espaço especial para homenagear duas pessoas muito importantes que partiram durante o percurso deste doutorado: minha tia Vânia, que foi como uma segunda mãe para mim, e minha tia Geralda, cuja presença em minha vida também foi de grande significado. Ambas permanecem em meu coração e memórias, inspirando-me com o amor que sempre compartilharam. Sinto a presença de vocês aqui, celebrando mais essa conquista.

Este processo não foi fácil. Iniciei o doutorado enquanto trabalhava e precisei tomar a difícil decisão de renunciar ao cargo de coordenadora/professora na FPB para me dedicar integralmente a essa fase da minha vida. Foi uma decisão dura, mas tomada com foco em minha saúde mental e bem-estar. Sou muito grata a mim, por ter tomado essa decisão, ao apoio do meu marido e familiares, e ao CAPES pela bolsa que me proporcionou fazer essa troca.

Agradeço aos meus colegas de laboratório, em especial Paulo e Renata Aranha, que foram mais do que colegas, se tornando grandes amigos, e à Lídia, pelos momentos de conversa e descontração que tanto ajudaram.

Ao meu orientador, Nelson Torro, pela orientação precisa e por acreditar no meu potencial, e aos professores integrantes da banca, Aline Mendes, Maria Gadelha, Wânia Souza e Luis Fernando, pelo tempo e dedicação ao meu trabalho. Agradeço também aos

professores que participaram de outras etapas avaliativas, como Yuri Max e Leonardo Fortes.

Aos meus amigos, que sempre foram ouvidos atentos, consolo nos momentos difíceis e incentivadores sinceros do meu sucesso. Um agradecimento especial a Géssika Araújo, que esteve presente desde o início desse processo, cedendo materiais de estudo e oferecendo apoio em um momento em que meu tempo de preparação era curto, e a Sanmy, que me ofereceu tanta escuta e apoio na reta final.

Por fim, agradeço ao meu pibic, Aldecyano, que foi muito mais do que um aluno de iniciação científica. Sua amizade e dedicação tornaram essa caminhada mais leve e produtiva. Obrigada por ser meu braço direito.

*"O que fazemos faz diferença, e precisamos decidir que
tipo de diferença queremos fazer."*

(Jane Goodall)

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	14
CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA	15
1.1 AVC.....	15
1.2. Reconhecimento de Identidade Facial e Emoções Faciais e suas alterações pós-AVC	17
1.3. Prosopagnosia	21
1.4. ETCC.....	22
1.5. Como a ETCC pode atuar no processo de reconhecimento facial?	24
1.6. Objetivos	26
1.6.1. Geral:	26
1.6.2. Específicos:.....	26
1.7. Hipóteses:	26
CAPÍTULO II: ASSESSMENT TOOLS FOR FACIAL RECOGNITION: A SYSTEMATIC REVIEW	27
CAPÍTULO III: EFFECTS OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION ON FACIAL IDENTITY RECOGNITION: A SYSTEMATIC REVIEW	58
CAPÍTULO IV: EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO RECONHECIMENTO DE IDENTIDADE E EMOÇÕES FACIAIS APÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL: UM ESTUDO RANDOMIZADO CONTROLADO POR PLACEBO	96
CAPÍTULO V: DISCUSSÃO GERAL.....	141
CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
REFERÊNCIAS.....	145
APÊNDICES	160
APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	161
APÊNDICE B: Questionário sócio-demográfico.....	163
APÊNDICE C: Questionário sobre os efeitos colaterais durante a coleta	164
ANEXOS	165
ANEXO A: Aprovação do projeto na Secretária de Saúde de João Pessoa.	166
ANEXO B: Aprovação do projeto no Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CCS/UFPB.....	167
ANEXO C: Self Reporting Questionnaire – SRQ 20	168
ANEXO D: Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo	169
ANEXO E: Escala de Depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos (CES-D).....	170
ANEXO F: National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)	172
ANEXO G: Mini Exame do Estado Mental (MEEM)	174

LISTA DE TABELA

Artigo 1

Table 1. Selected studies using tests for facial recognition analysis in individuals with prosopagnosia.....	53
---	----

Artigo 2

Table 1. Evaluation of studies using the PEDro scale to analyse risk of bias.....	66
Table 2. Characteristics of the studies included in the review that evaluated the effects of the tDCS on face recognition.....	69

Artigo 3

Tabela 1. Perfil sociodemográfico por grupo.....	111
Tabela 2. Dados Clínicos por grupo.	112
Tabela 3. Resultados das análises estatísticas não-paramétricas de Kruskal- Wallis e Wilcoxon aplicadas ao teste de reconhecimento de identidade e emoções faciais.....	113
Tabela 4. Resultados das análises estatísticas não-paramétricas de Kruskal- Wallis e Wilcoxon aplicadas ao reconhecimento das emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza.....	115
Tabela 5. Correlação de Spearman para os testes avaliativos e as emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza (pré-ETCC)	117
Tabela 6. Correlação de Spearman para os dados sociodemográficos, dados clínicos e os testes de identidade e expressão facial (pré- ETCC)	118

LISTA DE FIGURA

Artigo 1

Figure 1. Flow diagram of the systematic review selection process, adapted from the PRISMA diagram.....	52
---	----

Artigo 2

Figure 1. Information flow with the different phases of the systematic review, according to PRISMA standards.....	68
---	----

Artigo 3

Figura 1. Fluxograma do CONSORT demonstrando o delineamento dos grupos do estudo.....	104
Figura 2. Posicionamento dos eletrodos.....	105
Figura 3. Teste de Reconhecimento de Identidade Facial.....	107
Figura 4. Teste de Reconhecimento de Emoção Facial.....	108
Figura 5. Sequência das etapas da coleta.....	110
Figura 6. Efeitos da ETCC no reconhecimento da identidade facial e emoção facial...	114
Figura 7. Efeitos da ETCC no reconhecimento das emoções alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza.....	116

RESUMO

Após o Acidente Vascular Cerebral (AVC), o indivíduo pode apresentar comprometimentos no reconhecimento de faces. A relação entre as capacidades de reconhecimento da identidade facial e o reconhecimento da emoção facial tem sido debatida há muito tempo, na medida em que pode haver dissociação ou interdependência entre esses processos. No âmbito das intervenções não-farmacológicas aplicadas aos transtornos neurológicos, a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) vêm se mostrando como uma ferramenta promissora para a modulação das habilidades cognitivas. No presente estudo, foram avaliados os efeitos da ETCC sobre o processamento da identidade e emoções faciais em pacientes pós-AVC, com a estimulação anódica realizada sobre a região do giro fusiforme no hemisfério direito e esquerdo. A tese foi dividida em três partes. A primeira constituiu uma revisão sistemática sobre as ferramentas de avaliação do reconhecimento facial. A segunda envolveu uma revisão sistemática sobre os efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade facial. A terceira parte compreendeu um estudo empírico sobre os efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade e emoções faciais após AVC, através de um protocolo de estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. A amostra foi composta por 30 participantes pós-AVC divididos em três grupos: lesão no hemisfério direito com ETCC ativa, lesão no hemisfério esquerdo com ETCC ativa e lesão no hemisfério direito com ETCC placebo. A estimulação foi direcionada ao giro fusiforme, com intensidade de 1,5 mA por 20 minutos. Os participantes realizaram tarefas de reconhecimento de identidade (percepção e memória) e emoções antes e durante a intervenção. Os resultados obtidos do primeiro estudo destacam os desafios na seleção de instrumentos mais apropriados para a avaliação do reconhecimento de faces na população em geral e em pacientes com prosopagnosia. Os resultados obtidos do segundo estudo destacam que, dependendo do protocolo utilizado, a ETCC pode influenciar no processamento de faces, particularmente em termos de atenção, processamento holístico e memória de trabalho. No terceiro estudo, foi possível observar que a ETCC melhorou significativamente o reconhecimento de identidade facial na etapa de percepção nos grupos com estimulação ativa, especialmente no grupo com lesão no hemisfério esquerdo. No entanto, com relação ao reconhecimento de emoções faciais, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. Esses resultados reforçam o papel específico do giro fusiforme no reconhecimento de identidade facial, enquanto o processamento emocional parece depender de redes neurais mais amplas. Em suma, esta tese contribuiu para o conhecimento sobre os efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade e emoções faciais de forma integrada, utilizando uma abordagem inédita que busca estimular uma única área cerebral, o giro fusiforme, para avaliar simultaneamente dois domínios distintos do reconhecimento facial. Além disso, ao aplicar esse protocolo em uma amostra clínica de pacientes pós-AVC, o estudo oferece uma contribuição importante, ampliando a compreensão sobre as interações entre esses domínios em contextos de reabilitação, e explorando as possibilidades de intervenções mais específicas e direcionadas.

Palavras-chave: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua; Reconhecimento de Identidade Facial; Reconhecimento de Faces; Reconhecimento de Emoção Facial.

ABSTRACT

EFFECTS OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION ON FACIAL IDENTITY AND EMOTION RECOGNITION AFTER STROKE

After a stroke, individuals may experience impairments in face recognition. The relationship between the abilities to recognize facial identity and facial emotion has been debated for a long time, as there may be dissociation or interdependence between these processes. In the context of non-pharmacological interventions applied to neurological disorders, Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) has shown to be a promising tool for modulating cognitive abilities. In the present study, the effects of tDCS on the processing of facial identity and emotions in post-stroke patients were evaluated, with anodal stimulation performed over the fusiform gyrus in the right and left hemispheres. The thesis was divided into three parts. The first constituted a systematic review on the assessment tools for face recognition. The second involved a systematic review on the effects of tDCS on facial identity recognition. The third part comprised an empirical study on the effects of tDCS on facial identity and emotion recognition after stroke, through a randomized, double-blind, placebo-controlled study protocol. The sample consisted of 30 post-stroke participants divided into three groups: right hemisphere lesion with active tDCS, left hemisphere lesion with active tDCS, and right hemisphere lesion with placebo tDCS. Stimulation was directed to the fusiform gyrus, with an intensity of 1.5 mA for 20 minutes. Participants performed identity recognition (perception and memory) and emotion tasks before and during the intervention. The results obtained from the first study highlight the challenges in selecting the most appropriate instruments for the assessment of face recognition in the general population and in patients with prosopagnosia. The results obtained from the second study highlight that, depending on the protocol used, tDCS can influence face processing, particularly in terms of attention, holistic processing and working memory. In the third study, it was possible to observe that tDCS significantly improved facial identity recognition at the perception stage in groups with active stimulation, especially in the group with left hemisphere lesion. However, regarding facial emotion recognition, no significant differences were observed between groups. These results reinforce the specific role of the fusiform gyrus in facial identity recognition, while emotional processing seems to depend on broader neural networks. In summary, this thesis contributed to the knowledge about the effects of tDCS on facial identity and emotion recognition in an integrated manner, using a novel approach that seeks to stimulate a single brain area, the fusiform gyrus, to simultaneously evaluate two distinct domains of face recognition. Furthermore, by applying this protocol to a clinical sample of post-stroke patients, the study offers an important contribution, expanding the understanding of the interactions between these domains in rehabilitation contexts, and exploring the possibilities of more specific and targeted interventions.

Keywords: Transcranial Direct Current Stimulation; Facial Identity Recognition; Facial Recognition; Facial Emotion Recognition.

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho visa a apresentar a tese de doutorado que foi construída pela discente Aline Miranda de Vasconcelos para a defesa. A aluna ingressou no Programa de Pós-graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento em dezembro de 2020 e foi orientada pelo professor Dr. Nelson Torro Alves.

Estrutura da Tese

A tese foi estruturada seguindo as normas do Programa de Pós-graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento para o modelo *escandinavo*. Desta forma, há uma revisão de literatura sobre o Acidente Vascular Cerebral (AVC), o reconhecimento da identidade e emoções faciais e suas alterações após o AVC, prosopagnosia, Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), e como a ETCC pode atuar no processamento do reconhecimento facial, finalizando com a apresentação dos objetivos e hipóteses. No capítulo posterior, serão apresentados os artigos que irão compor essa tese: (a) uma revisão sistemática sobre Ferramentas de avaliação para reconhecimento facial (**submetido e com aceite para publicação**), (b) uma revisão sistemática sobre a ETCC no reconhecimento da identidade facial (**não submetido**) e (c) efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade e emoções faciais após AVC: um estudo randomizado controlado por placebo (**não submetido**), por fim nos capítulos V e VI serão apresentados a discussão geral e considerações finais da tese, seguido pelos apêndices e anexos.

Para desenvolvimento das pesquisas que integraram esse trabalho, as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos (Resolução 466/12) foram seguidas como recomendadas pelo Ministério da Saúde. Com a aprovação do projeto na Secretária de Saúde de João Pessoa e do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CCS/UFPB (CAAE: 67565323.0.0000.5188) (Anexo A e B, respectivamente).

Linha de pesquisa

O Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento apresenta duas linhas de pesquisa: a) Psicobiologia: Processos Psicológicos Básicos e Neuropsicologia; b) Neurociência Cognitiva Pré-Clínica e Clínica. O presente trabalho corresponde a linha de pesquisa: *Psicobiologia: processos psicológicos básicos e neuropsicologia*. Essa linha tem como objetivo o estudo do comportamento e das bases neurofisiológicas da cognição e dos processos psicológicos básicos. Desta forma, o

presente trabalho abordou sobre os efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade e emoções faciais após o AVC.

CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA

1.1 AVC

O AVC é considerado a segunda principal causa de morte e a principal causa de incapacidade em todo mundo, especialmente na população idosa (Dimyan & Cohen, 2011; Li et al., 2021; Nogueira et al., 2021). De acordo com a *American Stroke Association*, o AVC é caracterizado por um déficit neurológico súbito causado por uma lesão focal aguda de origem vascular no sistema nervoso central (SNC) (Sacco et al., 2013). No que diz respeito à sua epidemiologia, estima-se que na população brasileira a incidência seja de cerca de 232.000-344.000 novos casos/por ano, ou 978 novos casos/dia, ou praticamente um caso de AVC a cada 1,5-2 minutos, resultando em um impacto significativo no Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro (DATASUS, 2023).

Os fatores de risco que contribuem para a ocorrência da doença, podem ser classificados em dois grupos: os não modificáveis (ex. idade, sexo e raça/etnia) e modificáveis (ex. hipertensão, diabetes, sedentarismo, entre outros) (Gagliardi, 2015). Em relação ao tipo, o AVC pode ser dividido em isquêmico – que ocorre diante da obstrução do fluxo arterial para determinada área encefálica – ou hemorrágico, que ocorre com o rompimento de vasos encefálicos resultando em extravasamento de sangue no parênquima ou sob a meninge aracnóidea (Rolim & Martins, 2011). Quando comparados, o AVC isquêmico corresponde ao maior número de casos, sendo responsáveis por 85% de todos os casos de AVC avaliados (Brasil, Ministério da Saúde, s.d.).

Quanto ao quadro clínico, a depender da localização e extensão da lesão, bem como da capacidade de neuroplasticidade cerebral, o paciente pós-AVC pode apresentar vários comprometimentos, sendo os déficits na função motora e os de linguagem os mais comuns (Medeiros et al., 2019; da Silva et al., 2021). Contudo, as lesões neuroanatômicas causadas pelo AVC em áreas cognitivas importantes, como o hipocampo, o córtex pré-frontal medial, córtex cingulado, lesões na substância branca e micro-hemorragias cerebrais, contribuem para a patogênese do comprometimento cognitivo pós-AVC (Sun et al., 2014; Khan et al., 2022). Sendo assim, é possível observar também dificuldades no

processamento atencional, na memória, no funcionamento executivo e na capacidade do indivíduo em perceber emoções, que acarretam em dificuldades nas interações sociais e dependência do indivíduo (Nijse et al., 2019; Wagle et al., 2011; van den Berg et al., 2021).

Em relação a atuação dos hemisférios cerebrais no processamento emocional é possível observar diferenças entre os lados esquerdo e direito (Adolphs, 2002; Park et al., 2017). Ao longo dos últimos anos, duas hipóteses vêm tentando explicar esses padrões de assimetria, sendo elas: a Hipótese do Hemisfério Direito e Hipótese de Valência (Torro-Alves, Aznar-Casanova, & Fukusima, 2009). A primeira das hipóteses, sustenta que a dominância para processar as emoções, independente da sua valência, é pertencente ao hemisfério direito (Borod et al., 1998). A segunda hipótese afirma que o hemisfério direito é dominante apenas para as emoções de valências negativas, enquanto o hemisfério esquerdo seria dominante para as positivas (Torro-Alves et al., 2009), como demonstrado por Borod et al. (1986) e Mandal et al. (1999) que observaram nos pacientes com lesão no hemisfério direito um maior comprometimento apenas para o reconhecimento das emoções de valências negativas. Entretanto, Tippet et al. (2018) afirmaram que os pacientes pós-AVC, com lesão no hemisfério direito, apresentaram resultados significativamente menos precisos na identificação das emoções faciais não só de valências negativas, como também para as de valências positivas e neutras.

Adolphs et al. (2002) afirmam que o reconhecimento das emoções faciais é o componente central da cognição social e desempenha um papel fundamental na comunicação interpessoal e na integração do indivíduo quanto comunidade. Cooper et al. (2015) relatam que pacientes pós-AVC que têm dificuldade em reconhecer as emoções faciais, geralmente apresentam uma baixa participação social e uma redução da qualidade de vida.

Desta forma, Smith-Spijkerboer et al. (2021) ressaltam que o comprometimento da cognição social pós-AVC tem despertado interesse crescente tanto para os clínicos e pacientes, quando para os pesquisadores. Logo, analisando as possibilidades disponíveis na literatura para a melhoria desses comprometimentos cognitivos pós-AVC, é possível encontrar o treinamento cognitivo, uso de agentes farmacológicos e a estimulação cerebral não invasiva (Cumming et al., 2013), como abordagens que podem ser utilizadas para promover a plasticidade neural e aprimorar a sua função cognitiva (Jorge et al., 2010; Khan et al., 2022).

Dentre as abordagens citadas, uma das técnicas de estimulação cerebral não invasiva mais utilizada, por ser capaz de induzir alterações na excitabilidade do córtex cerebral e ser potencialmente capaz de induzir mudanças neuroplásticas de longa duração é a ETCC (Nejati et al., 2018; Nejati et al., 2021; Polania et al., 2018). Estudos com pacientes saudáveis demonstraram que ao estimular regiões cerebrais cognitivas, é possível modular a atividade cerebral, e muitas vezes modular o comportamento (Fregni et al., 2005; Khan et al., 2020). No entanto, o efeito desse método de estimulação nos déficits do processamento cognitivo, em específico no reconhecimento da identidade e emoção facial no AVC ainda não foi minuciosamente investigado (Khan et al., 2022). Justificando assim, a escolha do método que foi utilizado nesta tese.

A seguir, serão discutidos em mais detalhes os dois domínios importantes para o processamento do reconhecimento facial: identidade e emoções faciais. Além disso, abordaremos suas alterações após o AVC e a condição conhecida como prosopagnosia. Por fim, será abordado a técnica de ETCC e como esse método atua no processamento do reconhecimento facial.

1.2. Reconhecimento de Identidade Facial e Emoções Faciais e suas alterações pós-AVC

Compreendida como a capacidade do indivíduo em processar as informações sociais, ou seja, entender o comportamento do outro e reagir adequadamente as situações sociais vivenciadas, a cognição social envolve processos cognitivos diferentes, porém relacionados, como a capacidade de identificar faces e discriminar os estados emocionais (Nijse et al., 2019).

De acordo com Almada (2012), a habilidade de codificar e interpretar esses sinais é um dos principais mecanismos evolutivos de regulação da vida. Ekman (1970) afirma que é possível observar 6 tipos de emoções básicas (alegria, medo, raiva, nojo, tristeza e surpresa) ao analisar as expressões faciais, e do ponto de vista neurobiológico, o processo do reconhecimento da emoção facial é uma tarefa complexa, que envolve diversos mecanismos para sua discriminação (Forni-Santos & Osório, 2015).

Em pesquisa realizada com pacientes pós-AVC foi possível observar que após análise do cérebro inteiro através do mapeamento de sintomas e lesões baseado em voxel (VLSM: *voxel-based lesion-symptom mapping*) as áreas responsáveis pelo reconhecimento

da emoção facial, predominantemente encontravam-se na região fronto-temporais do hemisfério direito. Lesões na região mais ventral do lobo temporal estariam relacionadas a um pior reconhecimento da raiva, enquanto lesões na área fronto-temporal a um menor reconhecimento da alegria (van den Berg et al., 2021).

Ainda de acordo com os autores, o giro frontal-inferior estaria relacionado a uma pior percepção da tristeza, e as regiões sobrepostas que incluíam a ínsula estariam ligadas a raiva e tristeza, o opérculo rolândico associado a raiva, felicidade e tristeza, e o putâmen relacionado ao nojo e tristeza. Em relação ao medo, a amígdala frequentemente é considerada uma importante área responsável pelo seu processamento (Lindquist et al., 2012). Desta forma, supõe-se que lesões causadas pelo AVC podem influenciar, entre outras funções, a capacidade do indivíduo em reconhecer as emoções faciais em um contexto social (Heilman et al., 2000).

Além disso, em relação a identificação facial, que é caracterizada como a capacidade de reconhecer um rosto (Corrow et al., 2016). O indivíduo percorre um processo que passa por vários estágios, incluindo desde codificação estrutural, a comparação de imagens mentais das faces já armazenadas, até chegar a identificação (Bruce & Young, 1986; Grüter et al., 2008). Estudos de neuroimagem revelam que o sistema responsável pela percepção facial é composto por três áreas bilaterais, que parecem contribuir de maneira distinta para os diversos aspectos da percepção facial no córtex visual occipitotemporal estriado (Haxby et al., 1999).

De acordo com Hoffman e Haxby (2000), as três áreas indicadas estão localizadas nos giros occipitais inferiores, no giro fusiforme lateral e no sulco temporal superior. Adicionalmente, outros sistemas neurais são recrutados para processar o significado das informações obtidas a partir da face, como o sulco intraparietal que é estimulado pela percepção do olhar, a amígdala que desempenha um papel crucial no reconhecimento da cognição social e é fundamental em tarefas que envolvem julgamento do estado mental baseado na percepção da região dos olhos, e as regiões auditivas superiores que são ativadas durante a leitura labial e a audição da fala (Adolphs et al., 2002).

Kanwisher et al. (1997), observaram a importância da área facial fusiforme (situada no giro fusiforme lateral) para a representação da identidade facial após ativações das áreas cerebrais com a ressonância magnética funcional (RMF) durante a análise de faces em comparação a imagens sem sentido. Rossion et al. (2000) afirmam que, embora

as respostas da área facial fusiforme sejam frequentemente bilaterais, a ativação é tipicamente mais forte e maior no hemisfério direito.

Além disso, a atividade da área facial fusiforme direita durante a codificação da memória facial também tem sido discutida (Kuskowski & Pardo, 1999; Rapcsak, 2003). Ishai et al. (2002) observaram a ativação desta área quando os participantes tentaram lembrar das faces de pessoas familiares usando a imaginação visual. Essas descobertas levantaram a hipótese de que o papel da área facial fusiforme se estende além da percepção de faces, e que talvez essa região possa também funcionar como um local cortical para o armazenamento da memória visual de longo prazo para faces familiares.

Em relação a memória para faces “novas”, estudos apontam que durante o reconhecimento facial, a área facial fusiforme também é ativada juntamente com o lobo temporal medial (hipocampo), e o córtex pré-frontal (Haxby et al., 1996; McDermott et al., 1999). A ativação do lobo temporal medial nesses estudos foi predominantemente no hemisfério direito, embora Haxby et al. (1996) também tenham demonstrado a ativação do córtex pré-frontal esquerdo durante a codificação e do córtex pré-frontal direito apenas durante a recuperação.

Entretanto, outros achados apontam que o córtex pré-frontal direito foi preferencialmente ativado em ambos os tipos de operações de memória para faces (McDermott et al., 1999; Kelley et al., 1998; Rapcsak, 2003). Com relação as tarefas de memória de trabalho, que exigem a manutenção ativa de informações faciais a curto prazo, foi observado padrões semelhantes de ativação no córtex fronto-temporal (Haxby et al., 2000; Ranganath et al., 2003).

Adicionalmente, outro importante debate acerca do processamento facial é em relação aos domínios da identidade facial e emoções faciais. Na literatura, é possível encontrar questionamentos se esses domínios seriam processados de forma independente, como explicado nos modelos clássicos de Bruce e Young (1986) e Haxby et al. (2000), ou se inicialmente seriam analisados em conjunto por processos visuais seletivos da face (Fisher et al., 2016).

O suporte para primeira teoria vem de estudos de neuroimagem que investigaram quais seriam as vias neurais responsáveis pela percepção da face em humanos, e ressaltaram que a porção posterior do sulco temporal superior deve ser considerada uma região importante no processamento de movimentos da face, como mudanças no olhar e nas

emoções faciais (Baseler et al., 2014; Psalta et al., 2014), enquanto a região do giro fusiforme, mais especificamente a área facial fusiforme, seria responsável pela representação das características faciais que são importantes para o reconhecimento da identidade facial (Davies-Thompson et al., 2013; Rotshtein et al., 2005).

Em contrapartida, estudos com RMF demonstraram que a atividade na área facial fusiforme foi maior em respostas para as faces expressivas em comparação às faces neutras (Furl et al., 2013) e que sulco temporal superior foi sensível ao teste para identidade facial (Fox et al., 2009). Além disso, também em concordância com a segunda teoria, Calder e Young (2005) e Fisher et al. (2016) demonstraram que mecanismos cognitivos e neurais envolvidos na análise visual da identidade e emoção facial podem estar intimamente ligados, e sugerem que o reconhecimento desses domínios seja baseado em representações compartilhadas dentro do sistema central de processamento visual da face.

Prkachin (2003) afirma que a identificação de uma expressão facial emocional parece exigir o processamento da configuração facial, o qual, por sua vez, é crucial para o processamento da identidade facial. Demonstrando assim, que alguns mecanismos perceptivos são comuns a esses dois processamentos. Estudos de neuroimagem funcional mostraram que a apresentação de faces expressando emoções está associada à ativação do giro fusiforme e que essa ativação é mais intensa do que quando observada em faces neutras. Além disso, essa ativação está associada a uma ativação simultânea com a amígdala e o córtex orbitofrontal. Portanto, esses resultados sugerem que as regiões fusiformes, consideradas essenciais para codificar a identidade, também são sensíveis ao significado emocional (Vuilleumier et al., 2007; Chaby & Narme, 2009).

Sendo assim, essas descobertas reforçam o questionamento se existe dissociação entre a identidade e emoção facial durante o processamento perceptivo da face ou apenas posteriormente nos estágios relacionados à memória do processamento facial, pois embora a RMF possa captar a área para identificar os locais anatômicos onde a identidade e a emoção são processadas, eles não podem fornecer informações precisas sobre o curso do tempo do processamento destes domínios (Fisher et al., 2016). Com isso, esta tese buscou estimular a região do giro fusiforme, para analisar as suas possibilidades de respostas em relação aos dois domínios do reconhecimento facial (identidade e emoções faciais), em um teste para o reconhecimento de identidade facial e emoção facial em indivíduos pós-AVC

1.3. Prosopagnosia

A prosopagnosia, termo utilizado para descrever a condição em que o indivíduo apresenta dificuldade em reconhecer faces, foi citada pela primeira vez por Joaquim Bodamer (1947) que publicou uma descrição completa de indivíduos que tiveram uma diminuição na sua habilidade em reconhecer faces após sofrer lesões cerebrais graves na II Guerra Mundial (Ellis & Florence, 1990; Grüter et al., 2008).

Esta condição pode ser classificada como congênita/desenvolvimental ou adquirida por um dano no tecido cerebral, como no caso do paciente pós-AVC (Barton et al., 2003). Acredita-se que a causa mais comum da prosopagnosia adquirida está associada ao AVC com lesão na artéria cerebral posterior (Goldsmith & Liu, 2001). No entanto, é importante ressaltar que qualquer lesão nas regiões occipitotemporais do cérebro, incluindo episódios de isquemia transitória (AITs) e condições neurodegenerativas, também pode resultar em dificuldades no processamento de faces (Cousins et al., 2000).

Para mais, os indivíduos que apresentam prosopagnosia adquirida demonstram a capacidade de reconhecer a configuração facial como representativa de um rosto humano em níveis normais, pois conseguem identificar as diferentes partes do rosto e nomeá-las. No entanto, relatam uma dificuldade em reconhecer a identidade facial (Kerkhoff, 2000). Esse déficit na identidade facial prejudica a recuperação de informações pessoais associadas ao rosto, mesmo quando essas informações permanecem íntegras na memória. De acordo com Ellis e Young (1988), adultos afetados pela prosopagnosia adquirida geralmente se adaptam fazendo uso de características não faciais, tais como a voz, roupas, penteado e maneira de andar, como formas de acessar o conhecimento que possuem sobre a pessoa que estão observando.

Em estudo realizado com 41 pacientes pós-AVC (lesão no hemisfério direito), 19 pacientes foram diagnosticados com prosopagnosia, após avaliado os aspectos cognitivos e comportamentais (Hier et al., 1983). Corroborando aos achados de Khan et al. (2022) que afirmam que até dois terços dos indivíduos pós-AVC apresentam déficits cognitivos, porém, os casos de pacientes com alterações no reconhecimento de faces muitas vezes são negligenciados por serem acompanhados de outras complicações mais evidentes, como o padrão de espasticidade e fraqueza no membro superior e/ou inferior.

Deste modo, a avaliação do nível de prosopagnosia não se torna prioridade e acaba muitas vezes não sendo registrado, deixando o paciente sem reabilitação para tal comprometimento (Cousins, 2013). Portanto, esta tese buscou contribuir com a discussão sobre essa condição no paciente pós-AVC e direcionou a atenção para a importância de uma avaliação mais abrangente do reconhecimento de identidade e emoções faciais nesses indivíduos, visando melhorar a qualidade de vida desses pacientes.

1.4. ETCC

A ETCC vem se mostrando como uma ferramenta promissora para modulação das habilidades cognitivas e motoras (Thair et al., 2017). A ETCC é aplicada usando um gerador de corrente contínua alimentado por uma bateria conectada a dois eletrodos (normalmente variando de 25 cm² a 35cm²), um anódico e outro catódico, envolvidos em esponjas de borracha e posicionados sobre o couro cabeludo, com soro fisiológico, que é o método mais utilizado para garantir uma boa condutividade (Liew et al., 2014; Thair et al., 2017).

Ainda de acordo com Thair et al. (2017), a região-alvo de interesse para a estimulação é escolhida, a depender da hipótese e da tarefa, usando o eletrodo-alvo sobre o couro cabeludo. Acredita-se que a ETCC anódica facilite o potencial de ação das áreas adjacentes do córtex, enquanto a ETCC catódica inibe o potencial de ação. Segundo Begemann et al. (2020), a maioria dos estudos utilizam uma intensidade de corrente entre 1 a 2 mA, que podem variar de 5 a 30 minutos de estimulação.

DaSilva et al. (2011) recomendam manter os níveis de impedância abaixo de 5k ohms, pois níveis altos são um indicador de má condutividade e podem ser resultado de uma colocação ineficaz dos eletrodos, como por exemplo: pouca solução salina entre o couro cabeludo e o eletrodo e/ou uma separação inadequada do cabelo que não permite um bom contato entre o eletrodo e o couro cabeludo.

Quanto ao seu design de utilização, a ETCC apresenta benefícios em relação a outros protocolos de pesquisa, devido à possibilidade de uso do protocolo placebo. Nesse delineamento, a corrente é simulada e atua como uma condição de controle, na qual um breve período de estimulação é administrado a um participante, simulando sensações cutâneas como coceira e formigamento, que tendem a ser relatados nos primeiros

momentos em que o estimulador é ligado e logo após a corrente é interrompida (Gandiga et al., 2006).

De maneira geral, Woods et al. (2016) indicam que a ETCC simulada é de fácil administração e envolve três etapas: (1) é administrado um período de “aumento” (ramping-up), no qual o aparelho atinge a corrente programada máxima (geralmente são programados 30 segundos para atingir o pico de intensidade escolhida), (2) esse aumento é seguido por um curto período de estimulação, que dura apenas alguns segundos, e de acordo com Nitsche et al. (2011), não altera a excitabilidade cortical. Por fim, (3) ocorre o “declínio” (ramping-down) de forma gradativa até a corrente ser desligada. Desta forma, o participante tem as mesmas sensações cutâneas associadas a corrente ativa.

Além disso, a ETCC também permite a utilização de dois protocolos: online e offline. No protocolo online, o participante realiza a tarefa comportamental enquanto recebe a estimulação. Enquanto no protocolo offline, o participante pode realizar a tarefa antes e depois de receber a ETCC, ou pode realizar a atividade apenas uma vez. Embora a maioria dos pesquisadores justifiquem amplamente as escolhas de certos parâmetros experimentais, como por exemplo: a localização cortical. A justificativa quanto ao uso do protocolo online e offline são raramente apresentadas. Geralmente essa decisão é baseada em estudos anteriores ou influenciada por fatores do procedimento (Thair et al., 2017).

A aplicação da ETCC, embora seja geralmente segura e bem tolerada, requer algumas precauções específicas. Recomenda-se que a técnica não seja utilizada por pessoas que tenham placas metálicas no crânio ou que sofram de ataques epiléticos recorrentes, por exemplo (Woods et al., 2016). E por fim, é importante ressaltar que é comum experimentar algum desconforto durante a aplicação. Na maior parte dos casos, as pessoas relatam sensações como coceira e queimação, no entanto, a intensidade é leve e quase sempre ocorre a “acomodação” da sensação e o paciente para de sentir (Fertonani et al., 2015).

Para monitorar a sintomatologia dos participantes do estudo, foi aplicado um questionário durante a estimulação, com o objetivo de garantir o conforto dos mesmos. Caso as sensações fossem reportadas em um nível capaz de causar desconforto significativo, a estimulação seria imediatamente interrompida.

1.5. Como a ETCC pode atuar no processo de reconhecimento facial?

Em diversos contextos, a ETCC tem sido testada para avaliar o papel das estruturas cerebrais nas funções cognitivas (Nejati et al., 2018; Nejati et al., 2021; Polania et al., 2018). No que diz respeito ao domínio do reconhecimento facial, a depender da área estimulada e do objetivo da pesquisa, estudos vem apresentando melhorias ao avaliar indivíduos saudáveis em relação a análise do reconhecimento da memória facial (Brunyé et al., 2017), efeito de inversão de faces (Civile et al., 2020), no reconhecimento da emoção facial (Willis et al., 2015), bem como em investigar se os participantes percebem o rosto como “um todo” (processamento holístico), para detectar/ discriminar faces (Renzi et al., 2015).

No estudo de Willis et al. (2015), por exemplo, foi possível observar que em adultos saudáveis, a aplicação da corrente anódica sobre o córtex orbitofrontal direito melhorou a habilidade e velocidade de reconhecimento das emoções faciais. Porém, Nitsche et al. (2012) afirmam que o córtex pré-frontal seria outra importante área envolvida no processamento das emoções e do humor.

Kolb e Whishaw (2015) ressaltam que, anatomicamente, o córtex pré-frontal é subdividido em três áreas principais: córtex pré-frontal dorsolateral, córtex pré-frontal medial e o córtex frontal ventral inferior ou orbital. Além disso, afirmam que as duas últimas áreas citadas, são altamente interconectadas estruturalmente e funcionalmente, sendo muitas vezes considerada como uma só estrutura, o córtex pré-frontal ventromedial.

Nejati et al. (2021) buscando investigar melhor qual área estaria mais envolvida no processamento emocional, avaliaram 22 adultos saudáveis que receberam ETCC anódica sobre as áreas do córtex pré-frontal dorsolateral e do córtex pré-frontal ventromedial. Seus resultados apontaram que a área do córtex pré-frontal dorsolateral é a mais responsável pelo controle e regulação das valências emocionais. Corroborando aos achados de Yang et al. (2018) que utilizaram a ETCC anódica no córtex pré-frontal dorsolateral direito e evidenciaram a melhora do desempenho dos participantes em atividades de percepção emocional, principalmente para as faces de valências positivas.

Nesse sentido, observa-se que tanto o córtex pré-frontal dorsolateral, quanto o córtex orbitofrontal são citados como áreas envolvidas na regulação da emoção, porém seus papéis na regulação da emoção negativa permaneciam mal compreendidos (Miller &

Cohen, 2001). Mais adiante, um estudo com RMF que comparou as duas áreas, observou que o córtex pré-frontal dorsolateral parece contribuir de maneira mais abrangente, independente do estímulo ser positivo, neutro ou negativo (Golkar et al., 2012).

Nos estudos sobre o processamento da identidade facial, Barbieri et al. (2016) buscando compreender melhor esse aspecto, utilizaram a ETCC anódica sobre o córtex occipital lateral direito com o intuito de avaliar o desempenho da percepção e memória para faces e objetos, e observaram que após sessão única, houve um aumento desse desempenho tanto para faces, como para objetos.

Entretanto, diferentemente do córtex occipital lateral direito, estudos realizados por Haxby et al. (1999) e Grill-Spector et al. (2004) demonstram que o giro fusiforme direito apresenta envolvimento para detecção e memória apenas para faces, funcionando como uma região especializada para a percepção facial em relação a objetos. Corroborando aos achados de Brunyé et al. (2017) que aplicaram a ETCC sobre a área do giro fusiforme direito e os participantes que foram submetidos a uma tarefa de memória de trabalho para estímulos de faces e casa, apresentaram um aumento no desempenho da memória apenas para os estímulos faciais.

Em suma, esses estudos destacam a relevância potencial do uso da ETCC para melhorias sobre os domínios do reconhecimento da identidade e emoções faciais em diferentes áreas de estimulação e montagens. No entanto, é possível observar uma carência no efeito desta estimulação para a análise do reconhecimento facial em pacientes pós-AVC, visto que na maioria dos estudos são com participantes saudáveis. Para mais, ainda não foi observado se a estimulação da ETCC sobre uma única região, como por exemplo, o giro fusiforme seria capaz de proporcionar benefícios para ambos os domínios.

Sendo assim, esta tese buscou contribuir para o debate nos estudos sobre o reconhecimento facial pós-AVC, investigando os efeitos da ETCC sobre o giro fusiforme, e se o processamento de identidade facial e expressão emocional é independente (conforme proposto por Bruce e Young, 1986; Haxby et al., 2000) ou se há uma interdependência entre esses processamentos (como sugerido por Kaufman & Schewinberger, 2004; Lander & Butcher, 2015).

1.6. Objetivos

1.6.1. Geral:

Analisar os efeitos da ETCC no giro fusiforme para o reconhecimento de identidade e emoções faciais após AVC.

1.6.2. Específicos:

Construir uma revisão da literatura com o objetivo de identificar o estado da arte em relação as ferramentas utilizadas para a avaliação do reconhecimento facial.

Construir uma revisão da literatura com o objetivo de identificar o estado da arte em relação ao efeito da ETCC no reconhecimento da identidade facial.

Comparar o efeito da ETCC no giro fusiforme para o reconhecimento de identidade e emoção facial após o AVC.

Avaliar o efeito da ETCC ativa x simulada no giro fusiforme para o reconhecimento de identidade e emoção facial após o AVC.

1.7. Hipóteses:

As ferramentas utilizadas para avaliação do reconhecimento facial são variadas e existem lacunas quanto à padronização para populações específicas, como pacientes pós-AVC.

O efeito da ETCC pode variar dependendo da polaridade da estimulação (anódica ou catódica) da área cerebral estimulada.

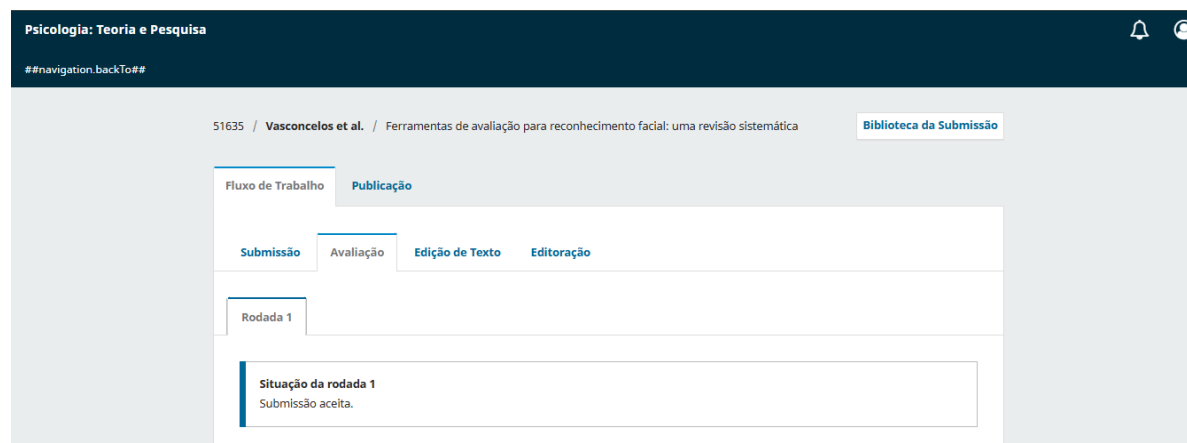
O efeito da ETCC no giro fusiforme para análise do reconhecimento de identidade facial após AVC será maior do que no reconhecimento das emoções faciais.

O desempenho no teste para o reconhecimento de identidade e emoções faciais será melhor no grupo da ETCC ativa em comparação com a ETCC simulada (placebo).

CAPÍTULO II: ASSESSMENT TOOLS FOR FACIAL RECOGNITION: A SYSTEMATIC REVIEW

Artigo com **aceite** para publicação na Revista Psicologia: Teoria e Pesquisa

(classificação A1 na avaliação da CAPES).



----- Forwarded message -----

De: Goíara Castilho <goiaracastilho@gmail.com>

Date: sex., 25 de out. de 2024 às 18:14

Subject: [revistapt] Decisão editorial

To: Aline Vasconcelos <alinemvasconcelos@gmail.com>, Germana Dantas <germanaalvesa@gmail.com>, Marianne Barros <mariannebarros46@gmail.com>, José Aldecyano Gomes <jose.aldecyano@academico.ufpb.br>, Paulo Nascimento <paulodelfinonascimento@gmail.com>, Géssika Melo <gessika.fisio@gmail.com>, Nelson Torro-Alves <nelsontorro@gmail.com>

Aline Vasconcelos, Germana Dantas, Marianne Barros, José Aldecyano Gomes, Paulo Nascimento, Géssika Melo, Nelson Torro-Alves:

Nós chegamos a uma decisão referente a sua submissão para o periódico Psicologia: Teoria e Pesquisa, "Ferramentas de avaliação para reconhecimento facial: uma revisão sistemática: Facial recognition assessment".

Nossa decisão é de: Aceitar a Submissão

Cordialmente,

Editores do Número Especial "Human face: Models and applications"

PSICOLOGIA: TEORIA E PESQUISA

Instituto de Psicologia da Universidade de Brasília

<http://periodicos.unb.br/index.php/revistapt> | +55 61 3107-6826

Assessment tools for facial recognition: a systematic review

Ferramentas de avaliação para reconhecimento facial: uma revisão sistemática.

Facial recognition assessment

Aline Miranda de Vasconcelos¹, Germana Alves de Aguiar Dantas¹; Marianne Araújo Barros¹; José Aldecyano Lino Gomes¹; Paulo Frassinetti Delfino do Nascimento¹; Géssika Araújo de Melo¹; Nelson Torro-Alves¹.

¹Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

Abstract

Face recognition is crucial for social interactions. While the criteria for diagnosing prosopagnosia are not yet firmly established, numerous instruments have been developed in recent years to assess face recognition abilities. In this systematic review, we examined assessment tools used for evaluating face recognition and prosopagnosia. We identified 27 tests, which differ in terms of the specific function they assess (e.g., face memory vs. face perception), their format (printed or digital material), and their method of administration (self-administered or evaluator-guided). Some of the strengths and weaknesses of these tools are discussed in the article. These findings are valuable for both clinical and research settings, contributing to the identification of prosopagnosia and guiding appropriate interventions.

Keywords: Face Recognition; Neuropsychological Tests; Test Validity; Literature Review.

Resumo

O reconhecimento facial é crucial para interações sociais. Embora os critérios para diagnosticar prosopagnosia ainda não estejam bem estabelecidos, vários instrumentos foram desenvolvidos nos últimos anos para avaliar habilidades de reconhecimento facial. Nesta revisão sistemática, examinamos ferramentas de avaliação usadas para avaliar reconhecimento facial e prosopagnosia. Identificamos 27 testes, que diferem em termos da função específica que avaliam (por exemplo, memória facial vs. percepção facial), seu formato (material impresso ou digital) e seu método de administração (autoadministrado ou orientado por avaliador). No artigo, são discutidos alguns dos pontos fortes e fracos dessas ferramentas. Esses resultados são valiosos tanto nos ambientes clínicos quanto na pesquisa, contribuindo para a identificação da prosopagnosia e orientando intervenções apropriadas.

Palavras-chave: Reconhecimento da Face; Testes Neuropsicológicos; Validade do Teste;

Introduction

Faces are essential for social interactions, as they allow us to access different information about other individuals, such as emotional state (Torro-Alves et al., 2016), age (Aznar-Casanova et al., 2010), gender (Baudouin & Tiberghien, 2002), attractiveness (Zebrowitz & Montepare, 2008), and identity (Dalrymple et al., 2017).

The sudden loss of the ability to recognize individual faces after brain damage was first reported in a scientific journal 150 years ago (Rossion, 2018). In the documented case, the patient identified as LL had suffered a stroke that affected the right hemisphere of the brain, resulting in a loss of his ability to recognize familiar people by the face. Surprisingly, the patient's reading ability remained intact, with good performance in reading small characters at close range or at a distance (Quaglino et al., 2003).

The term 'prosopagnosia' refers to the inability to recognize faces. It was coined by German neurologist Joachim Bodamer in 1947, deriving from the Greek words "prosopon" (face) and "a-gnosia" (without knowledge). In his seminal study, Bodamer described three neurological patients who were unable to recognize faces and also displayed other forms of visual agnosia (Bodamer, 1947). In general, the inability to recognize faces following brain damage is not associated with low-level sensory impairments or deficits in general intelligence (Rossion, 2022, Martins & Cunha e Sá, 1999; Barton et al., 2002)."

In terms of etiology and manifestation, prosopagnosia can be divided into acquired (APd) and developmental/congenital (DP) types. Acquired prosopagnosia results from brain lesions due to various neurological events, including head trauma, stroke, encephalitis, tumors, degenerative atrophy, or temporal lobe resections (Barton, 2008). In contrast, the origin of congenital or developmental prosopagnosia is not well-established, and it appears to occur without the presence of brain lesions (Albonico & Barton, 2019).

The prevalence of congenital/developmental prosopagnosia is estimated about 2 to 3% of the general population (Kennerknecht et al., 2006; Kennerknecht et al., 2008), although some studies suggest higher rates (Bennetts et al., 2017). Adults with prosopagnosia report that difficulty in recognizing other people can lead to traumatic social experiences, resulting in a chronic state of anxiety, feelings of embarrassment, guilt, and a limited social network. In children, prosopagnosia has significant implications for the school environment (Barton & Corrow, 2016; Tsantani et al., 2021).

There is significant variability in the pattern of brain damage associated with prosopagnosia, and it is practically impossible to identify a single damaged cortical region in all or most cases (Sergent & Signoret, 1992; Barton, 2008). Although prosopagnosia is typically associated with bilateral medial occipitotemporal lesions (Meadows, 1974; Damásio et al., 1982), it has also been observed in cases with right occipitotemporal or right/bilateral anterior temporal lesions. These different anatomical manifestations may be related to functional subtypes of prosopagnosia, with occipitotemporal lesions leading to deficits in apperceptive facial processing and anterior temporal lesions in the right hemisphere affecting access to facial memory (Damásio et al., 1990; Barton, 2008; Davies-Thompson et al., 2014). These findings collectively reinforce the concept that facial processing involves the functioning of a broad brain network (Haxby et al., 2000).

Developmental prosopagnosia lacks formal diagnostic criteria and is not officially recognized in the DSM-5 (Burns et al., 2022). In the absence of well-established criteria, some researchers suggest that developmental prosopagnosia could be characterized by performance scores more than two standard deviations below the mean on at least two face recognition tests, compared to neurotypical individuals (Albonico & Barton, 2019; Barton & Corrow, 2016; Dalrymple & Palermo, 2016).

In recent years, there has been an increase in the number of tests available for assessing face recognition (Burns et al., 2022). Generally speaking, tests can be divided into three categories: (a) face perception tests, which involve discriminating simultaneously observed faces; (b) face recognition tests, which assess an individual's face memory capacity; and (c) face identification tests, which involve naming or providing learned information about the person whose face is being analyzed (Albonico & Barton, 2019).

The Benton Facial Recognition Test (BFRT) was one of the first tests to provide a standardized measure of face perception (Murray et al., 2022). In the BFRT, participants must compare the identity of a frontal target face to three of six comparison faces presented simultaneously, but varying according to lighting and viewing angle (Benton & Van Allen, 1968). Despite its popularity, questions have been raised about the reliability of the Benton test (Murray et al., 2022). For example, Duchaine and Nakayama (2004) found that 9 out of 11 patients with developmental prosopagnosia performed normally on the BFRT. Similarly, Albonico et al. (2017) found that 18 out of 23 patients with developmental prosopagnosia obtained scores considered normal on the test.

In recent years, the Cambridge Face Memory Test (CFMT) (Duchaine & Nakayama, 2006) has been employed in a range of studies to evaluate face memory in individuals with developmental prosopagnosia (Bowles et al., 2009), autism (O'Hearn et al., 2010; Whyte et al., 2016), and to examine individual variations in face recognition (Elbich & Scherf, 2017; Susilo et al., 2013). While the CFMT is a well-established tool for identifying deficits in facial memory, there remains a lack of a universally accepted test for assessing face perception that involves faces observed simultaneously (Mishra et al., 2021).

In the Cambridge Face Perception Test (CFPT), participants are required to compare a target face to comparison stimuli, which are created by morphing the target face with other faces to varying degrees. (Duchaine et al., 2007). However, similar to the BFRT,

the CFPT presents certain challenges. It necessitates skillful use of a computer mouse within a limited time frame, and online administration can be complex, particularly for clinical and older participants (Bate et al., 2008). Additionally, there are questions regarding whether morphologically altered faces are inherently similar (White et al., 2017).

Another form of assessment is the Face Famous Test (FFT). In its standard version, participants view photographs of famous individuals and are asked to name each face (Hodges & Ward, 1989; Sanders & Warrington, 1971). Different versions of the FFT include a variety of photographs, featuring well-known individuals from diverse decades and categories, such as actors, athletes, musicians, media personalities, and/or politicians. Consequently, one of the challenges may pertain to the selection of the stimulus material, given the lack of standardization regarding the target population or even the country of origin (van den Elzen et al., 2023).

Shah et al. (2015) developed the Twenty Item Prosopagnosia Index (PI20), a self-assessment questionnaire designed to quantify traits associated with prosopagnosia. The goal is to assist researchers in diagnosing developmental prosopagnosia by offering a standardized source of self-reported evidence that complements the diagnostic information gathered through objective tasks. A score of 66 or higher on the PI20 may suggest the presence of developmental prosopagnosia.

Given the complexity of the assessment, some researchers have proposed using at least three tests to diagnose prosopagnosia. In such instances, scores falling at least 2 standard deviations below the mean of the reference group would indicate the presence of prosopagnosia (Murray & Bate, 2020). However, this approach does not account for the possibility that the three assessment tasks might measure distinct subcomponents of face processing, which could be selectively impaired (Bate et al., 2019).

In this systematic review, we sought to analyze the assessment tools used for evaluating facial recognition in cases of prosopagnosia. We compiled information regarding the primary characteristics of the instruments employed, the methods of assessment, and the key findings of the studies. Additionally, this paper will discuss some of the advantages and disadvantages of the assessment tools currently available.

This analysis can prove valuable to diverse audiences across various face recognition assessment contexts. For instance, healthcare professionals, such as doctors and psychologists, can benefit from selecting the most suitable tests to identify cases of prosopagnosia, thereby enabling them to customize specific interventions and treatments. It is well known that prosopagnosia can significantly impact professional and personal interactions, making the choice of tests critical for providing the necessary support to those affected. Neuropsychology researchers can assess the characteristics of the tests available for use in clinical or research settings.

Methods

The systematic review was organized around the following guiding question: What instruments are available in the literature for assessing facial recognition? Searches were conducted in the PubMed, Lilacs, and SciELO databases using the DeCS/MeSH descriptors: (("PROSOPAGNOSIA") AND ("TEST RELIABILITY" OR "DIAGNOSIS")) and their respective terms in Portuguese. The inclusion criteria were publications in English or Portuguese. Articles that were duplicated across databases, review articles, and those not addressing the proposed theme were excluded. The search was conducted in September 2023.

Selection of studies and data summarization

Initially, two evaluators (GA and MA) independently conducted searches in the databases, completing the first stage of filtering the articles by analyzing their titles and

abstracts. Subsequently, a third evaluator (JG) reviewed the selected articles, checking for duplications or inconsistencies in the initial selections, and then applied the eligibility criteria.

Following this, a thematic analysis was conducted on the 27 articles selected by the pair of independent evaluators. To distill the most pertinent information for the review, the following details from the included studies were summarized: 1) author and year of publication, 2) objective of the study, 3) tests used for facial recognition analysis, and 4) main findings.

Quality evaluation

The articles were scrutinized with an emphasis on internal validity, addressing concerns such as potential selection, performance, and measurement biases. Throughout the evaluation process, three fundamental aspects of the research evidence were considered: 1) Identification of limitations: this included recognizing any flaws in the research design, for instance; 2) Evaluation of consistency: the uniformity and reliability of the results were assessed; and 3) Analysis of precision: this entailed examining the ability to generalize the findings and ensuring the availability of sufficient data. Studies that failed to adequately fulfill these criteria were excluded from the final selection.

Results

The initial search across the databases yielded 565 articles. Upon screening the titles and abstracts, 27 articles were chosen based on the eligibility criteria (Figure 1). Of these, eleven articles were published in the most recent five years, spanning 2018 to 2023. The remaining papers, constituting 16 articles, were published between the years 2004 and 2017. The Cambridge Face Memory Test (CFMT) emerged as the most frequently utilized facial recognition test in the literature, used in 18 studies. This was followed by the

Cambridge Face Perception Test (CFPT), which appeared in 11 studies, and the Benton Facial Recognition Test (BFRT), employed in 7 studies.

A validity study found that the CFMT classified individuals more accurately than the BFRT and the Recognition Memory for Faces (RMF) (Duchaine & Nakayama, 2006). Murray and Bate (2020) assessed the test-retest reliability of the CFMT, taking into account the mode of test administration (online or in the laboratory). The test-retest reliability fell below the level accepted by psychometric standards, yielding a reliability coefficient of 0.68. However, no differences in performance were observed between the test administered online or in the laboratory.

Bowles et al. (2009), in analyzing the effect of age on the CFMT and CFPT tests, found that older individuals (aged 50 and over) performed less effectively than younger individuals. This difference may be attributed to a reduction in the volume of facial processing areas, particularly in the frontal and temporal regions (Raz et al., 2005). Regardless of the age group, Bowles et al. (2009) observed that women outperformed men, aligning with findings that suggest an advantage for females in face recognition (Biele & Grabowska, 2006; Mancini et al., 2013; McClure, 2000; Montagne et al., 2007). In a study conducted with the CFPT, the results suggested that people with cerebral palsy may have particular difficulty matching images of the same person that contain natural variations in their appearance (White et al., 2017).

Humphreys et al. (2007) investigated the recognition of facial emotions and facial identity using the BFRT. They found a dissociation between these cognitive abilities, suggesting that the mechanisms involved facial emotion recognition are distinct from those implicated in facial identity recognition. This observation aligns with the findings from a prior study by Duchaine et al. (2003). In their examination of the patient NM, diagnosed

with developmental prosopagnosia, they observed a noticeable deficit in five out of the six facial identity recognition tests. Conversely, NM's ability to discern facial expressions of emotion remained within the normal range in separate evaluations, indicating a dissociation between the processes of recognizing facial identity and emotions.

Rossion and Michel (2018) observed that participants' performance declined in the computerized version of the BFRT (BFRT-c), which includes changes in lighting and rotation of the face. This finding aligns with previous studies that demonstrated significant effects of lighting on recognition (Jenkins et al., 2011; Menon et al., 2015). However, Murray et al. (2022) highlighted that the BFRT-c allows for reliable measurement of completion time and eases evaluation since it is administered online.

Murray et al. (2022) aimed to improve the assessment of facial processing and introduced a revised version of the test, termed the BFRT-r. They found that the BFRT-r exhibited a pronounced inversion effect and shared a strong correlation with both the BFRT-c and the Cambridge Face Memory Test (CFMT), thereby showcasing content validity comparable to other facial processing assessments. Moreover, the BFRT-r demonstrated enhanced sensitivity in detecting impairments in face perception compared to the BFRT-c. In conclusion, the BFRT-r appears to be a promising alternative for evaluating facial processing relative to other versions of the BFRT.

Some tests were used less frequently, including the Face One in Ten Test (Duchaine & Nakayama, 2004; Le Grand et al., 2006), Recognition Memory for Faces - RM (Duchaine & Nakayama, 2006; Davies-Thompson et al., 2017), Face and Name Learning Test I, Emotion Expression Judgment, Face and Name Learning Test II, Delayed Matching to Sample of Faces and Eyeglasses (Dobel et al., 2007), and the Cambridge Face Memory Questionnaire (CFMQ) (Arizpe et al., 2019).

Table 1 presents the principal characteristics of the studies analyzed. This analysis includes studies that employed tests to assess facial recognition in samples of both healthy individuals and those diagnosed with prosopagnosia. Notably, only one study compared individuals with developmental prosopagnosia and acquired prosopagnosia, and one study included participants diagnosed with developmental prosopagnosia alongside a diagnosis of autism.

The majority of the studies utilized tests to evaluate facial recognition in individuals with developmental (congenital) prosopagnosia, with the aim of discerning differences in comparison to healthy individuals. Overall, the results suggested that patients with developmental prosopagnosia exhibited deficits in perception and memory, and experienced greater difficulty in classifying facial expressions, recognizing facial identity, and identifying famous faces.

[INSERT FIGURE 1 HERE]

[INSERT TABLE 1 HERE]

Discussion

In this systematic review, we identified 27 tests designed to assess facial recognition skills. These tests vary in several aspects, including the type of facial ability analyzed (e.g., face memory or face perception), the format of the materials used (printed or digital), and the method of administration (self-administered or conducted by an evaluator). Our review revealed that the CFMT (Cambridge Face Memory Test), the CFPT (Cambridge Face Perception Test), and the BFFT (Benton Facial Recognition Test) were the tests most frequently used across the studies.

The CFMT assesses facial memory using unfamiliar faces. In the CFPT, participants are presented with a profile view of a target face alongside several frontal-view

faces. These frontal-view faces exhibit varying degrees of similarity to the target face, and participants must identify the face that most closely resembles the target face (Duchaine et al., 2007). Regarding the BFRT, participants are shown a target face along with six comparison faces simultaneously, and they must select the three faces that best match the target (Benton, 1983).

Dahl et al. (2014) contend that it is important to adapt tests to the ethnicity of the individuals being assessed, given the phenomenon known as the own-race advantage. Accordingly, some studies have sought to adapt the CFMT to various ethno-cultural contexts. The CFMT-Aus was tailored for an Australian context, while the CFMT-Chinese was adjusted for a Chinese context. The CFMT-Aus demonstrated effectiveness in terms of reliability and validity, and the CFMT-Chinese was suitable for diagnosing prosopagnosia among East Asian participants (McKone et al., 2011; McKone et al., 2017).

The advantage of utilizing tests such as the CFPT and BFRT is that they assess an individual's ability to recognize faces through face matching, thereby evaluating the perceptual aspect of face recognition. However, the online administration of the CFPT seems to present challenges, especially for clinical participants and older individuals (Bate et al., 2008). One benefit of using the BFRT for facial recognition assessment is its straightforward procedure and quick administration (Murray et al., 2022). The lack of a maximum response time allows individuals to employ strategies that facilitate their responses. Duchaine & Nakayama (2006) found that six out of eight participants with prosopagnosia achieved scores classified as normal on the BFRT, even though they scored poorly on the CFMT. This highlights the importance of using the BFRT in conjunction with other facial recognition tests (Duchaine & Nakayama, 2004; Dobel et al., 2007; Davies-Thompson et al., 2017).

Other tests have been developed to assess the recognition of famous faces, including: Familiarity: Famous faces (Davies-Thompson et al., 2017), Famous faces: a version for US and Canadian participants and a version for UK participants (Duchaine et al., 2007), Famous Faces Test (FFT) (Fisher et al., 2017; Murray & Bate, 2020), MACCS Famous Face Test-08 (Palermo et al., 2011), the Bielefelder Famous Faces Test (Dobel et al., 2007), and Famous Faces Memory Test (FFMT) (Arizpe et al., 2019). However, these recognition tests have limitations, such as use of non-standardized stimuli. Additionally, certain non-facial information could also bias responses (e.g., a US flag in the background of a photograph of a US president) (van den Elzen et al., 2023).

The Twenty Item Prosopagnosia Index (PI20), a self-report measure, was used in six studies (Arizpe et al., 2019; Biotti & Cook, 2016; Matsuyoshi & Watanabe, 2021; Burns et al., 2022; Svart & Starrfelt, 2022; Stantic et al., 2022). Shah et al. (2015) found that the PI20 was the strongest predictor of performance in face identification and exhibited a strong correlation with the Glasgow Face Matching Test (GFMT). This provides additional construct validation for the PI20 and highlights its potential for use.

Conclusion

In this systematic review, we noted that studies on facial recognition spanned a broad spectrum of objectives, encompassing the exploration of facial identification skills in individuals with prosopagnosia, healthy participants, and the evaluation of psychometric parameters associated with these tests. This review underscores the challenges in selecting the most appropriate instruments due to their cultural adaptation and inherent limitations. Given the complexity involved in evaluating prosopagnosia, there is a pressing need for additional research to enhance the sensitivity and accuracy of face recognition tests.

Furthermore, the study emphasizes the significance of validating and culturally adapting facial recognition tests, particularly with regard to ethnic and cultural variations. Accounting for these cultural differences is crucial, as it not only enhances the precision of the assessments but also mitigates bias in the outcomes, ensuring the applicability of the tests across diverse settings. Consequently, these findings have practical implications for researchers and healthcare professionals dedicated to assessing facial recognition abilities in different populations and cultural contexts.

References

- Albonico, A., & Barton, J. (2019). Progress in perceptual research: the case of prosopagnosia. *F1000Res*, 8(765).
<https://doi.org/10.12688/f1000research.18492.1>
- Albonico, A., Malaspina, M., & Daini, R. (2017). Italian normative data and validation of two neuropsychological tests of face recognition: Benton Facial Recognition Test and Cambridge Face Memory Test. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 38(9), 1637–1643. <https://doi.org/10.1007/s10072-017-3030-6>
- Arizpe, J. M., Saad, E., Douglas, A. O., Germine, L., Wilmer, J. B., & DeGutis, J. M. (2019). Self-reported face recognition is highly valid, but alone is not highly discriminative of prosopagnosia-level performance on objective assessments. *Behavior Research Methods*, 51(3), 1102–1116. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01195-w>
- Aznar-Casanova, J., Torro-Alves, N., & Fukusima, S. (2010). How much older do you get when a wrinkle appears on your face? Modifying age estimates by number of wrinkles. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging*,

- Neuropsychology and Cognition*, 17(4), 406–421.
<https://doi.org/10.1080/13825580903420153>
- Barton, J. J. S. (2008). Structure and function in acquired prosopagnosia: Lessons from a series of 10 patients with brain damage. *Journal of Neuropsychology*, 2(1), 197–225. <https://doi.org/10.1348/174866407x214172>
- Barton, J. J. S., & Corrow, S. L. (2016). The problem of being bad at faces. *Neuropsychologia*, 89, 119–124.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.06.008>
- Barton, J. J. S., Press, D. Z., Keenan, J. P., & O'Connor, M. (2002). Lesions of the fusiform face area impair perception of facial configuration in prosopagnosia. *Neurology*, 58(1), 71–78. <https://doi.org/10.1212/wnl.58.1.71>
- Bate, S., Bennetts, R. J., Gregory, N., Tree, J. J., Murray, E., Adams, A., Bobak, A. K., Penton, T., Yang, T., & Banissy, M. J. (2019). Objective Patterns of Face Recognition Deficits in 165 Adults with Self-Reported Developmental Prosopagnosia. *Brain Sciences*, 9(6), 133.
<https://doi.org/10.3390/brainsci9060133>
- Bate, S., Haslam, C., Tree, J. J., & Hodgson, T. L. (2008). Evidence of an eye movement-based memory effect in congenital prosopagnosia. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 44(7), 806–819.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.02.004>
- Baudouin, J. Y., & Tiberghien, G. (2002). Gender is a dimension of face recognition. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 28(2), 362–365.

- Bennetts, R. J., Murray, E., Boyce, T., & Bate, S. (2017). Prevalence of face recognition deficits in middle childhood. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (2006), 70(2), 234–258. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1167924>
- Benton, A. L. (1983). *Contributions to neuropsychological assessment: a clinical manual*. Oxford University Press.
- Benton, A. L., & Van Allen, M. W. (1968). Impairment in facial recognition in patients with cerebral disease. *Transactions of the American Neurological Association*, 93, 38–42.
- Biele, C., & Grabowska, A. (2006). Sex differences in perception of emotion intensity in dynamic and static facial expressions. *Experimental Brain Research*, 171(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-0254-0>
- Biotti, F., & Cook, R. (2016). Impaired perception of facial emotion in developmental prosopagnosia. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 81, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.008>
- Bowles, D. C., McKone, E., Dawel, A., Duchaine, B., Palermo, R., Schmalzl, L., Rivolta, D., Wilson, C. E., & Yovel, G. (2009). Diagnosing prosopagnosia: Effects of ageing, sex, and participant-stimulus ethnic match on the Cambridge Face Memory Test and Cambridge Face Perception Test. *Cognitive Neuropsychology*, 26(5), 423–455. <https://doi.org/10.1080/02643290903343149>
- Burns, E. J., Gaunt, E., Kidane, B., Hunter, L., & Pulford, J. (2022). A new approach to diagnosing and researching developmental prosopagnosia: Excluded cases are impaired too. *Behavior Research Methods*, 1–24. <https://doi.org/10.3758/s13428-022-02017-w>

- Dahl, C. D., Chen, C.-C., & Rasch, M. J. (2014). Own-race and own-species advantages in face perception: A computational view. *Scientific Reports*, 4, 6654. <https://doi.org/10.1038/srep06654>
- Dalrymple, K. A., Castello, M. V. di O., Elison, J. T., & Gobbini, M. I. (2017). Concurrent development of facial identity and expression discrimination. *PLOS ONE*, 12(6), e0179458. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179458>
- Dalrymple, K. A., & Palermo, R. (2016). Guidelines for studying developmental prosopagnosia in adults and children. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, 7(1), 73–87. <https://doi.org/10.1002/wcs.1374>
- Damasio, A. R., Damasio, H., & Van Hoesen, G. W. (1982). Prosopagnosia: Anatomic basis and behavioral mechanisms. *Neurology*, 32(4), 331–341. <https://doi.org/10.1212/wnl.32.4.331>
- Damasio, A. R., Tranel, D., & Damasio, H. (1990). Face agnosia and the neural substrates of memory. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 89–109. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000513>
- Davies-Thompson, J., Fletcher, K., Hills, C., Pancaroglu, R., Corrow, S. L., & Barton, J. J. S. (2017). Perceptual Learning of Faces: A Rehabilitative Study of Acquired Prosopagnosia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(3), 573–591. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01063
- Davies-Thompson, J., Pancaroglu, R., & Barton, J. (2014). Acquired prosopagnosia: Structural basis and processing impairments. *Frontiers in Bioscience (Elite Edition)*, 6(1), 159–174. <https://doi.org/10.2741/e699>

- Dobel, C., Bölte, J., Aicher, M., & Schweinberger, S. R. (2007). Prosopagnosia without apparent cause: Overview and diagnosis of six cases. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 43(6), 718–733. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70501-x](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70501-x)
- Duchaine, B. C., & Nakayama, K. (2004). Developmental prosopagnosia and the Benton Facial Recognition Test. *Neurology*, 62(7), 1219–1220. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000118297.03161.b3>
- Duchaine, B. C., Parker, H., & Nakayama, K. (2003). Normal recognition of emotion in a prosopagnosic. *Perception*, 32(7), 827–838. <https://doi.org/10.1068/p5067>
- Duchaine B., Germine L., & Nakayama K. (2007). Family resemblance: ten family members with prosopagnosia and within-class object agnosia. *Cognitive Neuropsychology*. 24(4), 419-430. <https://doi.org/10.1080/02643290701380491>
- Duchaine, B., & Nakayama, K. (2006). The Cambridge Face Memory Test: Results for neurologically intact individuals and an investigation of its validity using inverted face stimuli and prosopagnosic participants. *Neuropsychologia*, 44(4), 576–585. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.07.001>
- Duchaine, B., Yovel, G., & Nakayama, K. (2007). No global processing deficit in the Navon task in 14 developmental prosopagnosics. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(2), 104–113. <https://doi.org/10.1093/scan/nsm003>
- Elbich, D. B., & Scherf, S. (2017). Beyond the FFA: Brain-behavior correspondences in face recognition abilities. *NeuroImage*, 147, 409–422. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.12.042>

- Esins, J., Schultz, J., Stemper, C., Kennerknecht, I., & Bülthoff, I. (2016). Face Perception and Test Reliabilities in Congenital Prosopagnosia in Seven Tests. *i-Perception*, 7(1), 2041669515625797. <https://doi.org/10.1177/2041669515625797>
- Fisher, K., Towler, J., & Eimer, M. (2017). Face identity matching is selectively impaired in developmental prosopagnosia. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 89, 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.01.003>
- Galvão, T. F., Pansani, T. de S. A., & Harrad, D. (2015). Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 24(2), 335–342. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01482-0)
- Hodges, J. R., & Ward, C. D. (1989). Observations during transient global amnesia. A behavioural and neuropsychological study of five cases. *Brain: A Journal of Neurology*, 112 (Pt 3), 595–620. <https://doi.org/10.1093/brain/112.3.595>
- Humphreys, K., Avidan, G., & Behrmann, M. (2007). A detailed investigation of facial expression processing in congenital prosopagnosia as compared to acquired prosopagnosia. *Experimental Brain Research*, 176(2), 356–373. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0621-5>

- Jenkins, R., White, D., Van Montfort, X., & Mike Burton, A. (2011). Variability in photos of the same face. *Cognition*, *121*(3), 313–323.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.08.001>
- Kennerknecht, I., Grueter, T., Welling, B., Wentzek, S., Horst, J., Edwards, S., & Grueter, M. (2006). First report of prevalence of non-syndromic hereditary prosopagnosia (HPA). *American Journal of Medical Genetics. Part A*, *140*(15), 1617–1622.
<https://doi.org/10.1002/ajmg.a.31343>
- Kennerknecht, I., Ho, N. Y., & Wong, V. C. N. (2008). Prevalence of hereditary prosopagnosia (HPA) in Hong Kong Chinese population. *American Journal of Medical Genetics. Part A*, *146A*(22), 2863–2870.
<https://doi.org/10.1002/ajmg.a.32552>
- Le Grand, R., Cooper, P. A., Mondloch, C. J., Lewis, T. L., Sagiv, N., de Gelder, B., & Maurer, D. (2006). What aspects of face processing are impaired in developmental prosopagnosia? *Brain and Cognition*, *61*(2), 139–158.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2005.11.005>
- Mancini, G., Agnoli, S., Baldaro, B., Bitti, P. E. R., & Surcinelli, P. (2013). Facial expressions of emotions: Recognition accuracy and affective reactions during late childhood. *The Journal of Psychology*, *147*(6), 599–617.
<https://doi.org/10.1080/00223980.2012.727891>
- Martins, I. P., & Cunha e Sá, M. (1999). Loss of topographic memory and prosopagnosia during migraine aura. *Cephalalgia: An International Journal of Headache*, *19*(9), 841–843. <https://doi.org/10.1046/j.1468-2982.1999.1909841.x>
- Matsuyoshi, D., & Watanabe, K. (2021). People have modest, not good, insight into their face recognition ability: A comparison between self-report questionnaires.

Psychological Research, 85(4), 1713–1723. <https://doi.org/10.1007/s00426-020-01355-8>

McClure, E. B. (2000). A meta-analytic review of sex differences in facial expression processing and their development in infants, children, and adolescents. *Psychological Bulletin*, 126(3), 424–453. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.3.424>

McKone, E., Hall, A., Pidcock, M., Palermo, R., Wilkinson, R. B., Rivolta, D., Yovel, G., Davis, J. M., & O'Connor, K. B. (2011). Face ethnicity and measurement reliability affect face recognition performance in developmental prosopagnosia: Evidence from the Cambridge Face Memory Test-Australian. *Cognitive Neuropsychology*, 28(2), 109–146. <https://doi.org/10.1080/02643294.2011.616880>

McKone, E., Wan, L., Robbins, R., Crookes, K., & Liu, J. (2017). Diagnosing prosopagnosia in East Asian individuals: Norms for the Cambridge Face Memory Test-Chinese. *Cognitive Neuropsychology*, 34(5), 253–268. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1371682>

Meadows, J. C. (1974). The anatomical basis of prosopagnosia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 37(5), 489–501. <https://doi.org/10.1136/jnnp.37.5.489>

Menon, N., White, D., & Kemp, R. I. (2015). Identity-level representations affect unfamiliar face matching performance in sequential but not simultaneous tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 68(9), 1777–1793. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.990468>

- Mishra, M. V., Fry, R. M., Saad, E., Arizpe, J. M., Ohashi, Y.-G. B., & DeGutis, J. M. (2021). Comparing the sensitivity of face matching assessments to detect face perception impairments. *Neuropsychologia*, *163*, 108067. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.108067>
- Montagne, B., Kessels, R. P. C., De Haan, E. H. F., & Perrett, D. I. (2007). The Emotion Recognition Task: A paradigm to measure the perception of facial emotional expressions at different intensities. *Perceptual and Motor Skills*, *104*(2), 589–598. <https://doi.org/10.2466/pms.104.2.589-598>
- Murray, E., & Bate, S. (2020). Diagnosing developmental prosopagnosia: Repeat assessment using the Cambridge Face Memory Test. *Royal Society Open Science*, *7*(9), 200884. <https://doi.org/10.1098/rsos.200884>
- Murray, E., Bennetts, R., Tree, J., & Bate, S. (2022). An update of the Benton Facial Recognition Test. *Behavior Research Methods*, *54*(5), 2318–2333. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01727-x>
- O’Hearn, K., Schroer, E., Minshew, N., & Luna, B. (2010). Lack of developmental improvement on a face memory task during adolescence in autism. *Neuropsychologia*, *48*(13), 3955–3960. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.08.024>
- Palermo, R., Willis, M. L., Rivolta, D., McKone, E., Wilson, C. E., & Calder, A. J. (2011). Impaired holistic coding of facial expression and facial identity in congenital prosopagnosia. *Neuropsychologia*, *49*(5), 1226–1235. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.021>

- Quaglino, A., Borelli, G. B., Della Sala, S., & Young, A. W. (2003). Quaglino's 1867 case of prosopagnosia. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 39(3), 533–540. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70263-6](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70263-6)
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., Dahle, C., Gerstorf, D., & Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: General trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 15(11), 1676–1689. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi044>
- Rossion, B. (2018). Damasio's error—Prosopagnosia with intact within-category object recognition. *Journal of Neuropsychology*, 12(3), 357–388. <https://doi.org/10.1111/jnp.12162>
- Rossion, B. (2022). Twenty years of investigation with the case of prosopagnosia PS to understand human face identity recognition. Part I: Function. *Neuropsychologia*, 173, 108278. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108278>
- Rossion, B., & Michel, C. (2018). Normative accuracy and response time data for the computerized Benton Facial Recognition Test (BFRT-c). *Behavior Research Methods*, 50(6), 2442–2460. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1023-x>
- Sanders, H. I., & Warrington, E. K. (1971). Memory for remote events in amnesic patients. *Brain: A Journal of Neurology*, 94(4), 661–668. <https://doi.org/10.1093/brain/94.4.661>
- Sergent, J., & Signoret, J. L. (1992). Varieties of functional deficits in prosopagnosia. *Cerebral Cortex*, 2(5), 375–388. <https://doi.org/10.1093/cercor/2.5.375>

- Shah, P., Sowden, S., Gaule, A., Catmur, C., & Bird, G. (2015). The 20 item prosopagnosia index (PI20): Relationship with the Glasgow face-matching test. *Royal Society Open Science*, 2(11), 150305. <https://doi.org/10.1098/rsos.150305>
- Stantic, M., Brewer, R., Duchaine, B., Banissy, M. J., Bate, S., Susilo, T., Catmur, C., & Bird, G. (2022). The Oxford Face Matching Test: A non-biased test of the full range of individual differences in face perception. *Behavior Research Methods*, 54(1), 158–173. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01609-2>
- Susilo, T., Germine, L., & Duchaine, B. (2013). Face recognition ability matures late: Evidence from individual differences in young adults. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 39(5), 1212–1217. <https://doi.org/10.1037/a0033469>
- Svart, N., & Starrfelt, R. (2022). Is It Just Face Blindness? Exploring Developmental Comorbidity in Individuals with Self-Reported Developmental Prosopagnosia. *Brain Sciences*, 12(2), 230. <https://doi.org/10.3390/brainsci12020230>
- Torro-Alves, N., Bezerra, I. A. de O., Claudino, R. G. e, Rodrigues, M. R., Machado-de-Sousa, J. P., Osório, F. de L., & Crippa, J. A. (2016). Facial emotion recognition in social anxiety: The influence of dynamic information. *Psychology & Neuroscience*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1037/pne0000042>
- Tsantani, M., Vestner, T., & Cook, R. (2021). The Twenty Item Prosopagnosia Index (PI20) provides meaningful evidence of face recognition impairment. *Royal Society Open Science*, 8(11), 202062. <https://doi.org/10.1098/rsos.202062>
- Ulrich, P. I., Wilkinson, D. T., Ferguson, H. J., Smith, L. J., Bindemann, M., Johnston, R. A., & Schmalzl, L. (2016). Perceptual and memorial contributions to developmental

prosopagnosia. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(2), 298-315.

<https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1177101>

van den Elzen, E. H. T., Brehmer, Y., Van Deun, K., & Mark, R. E. (2023). Stimulus material selection for the Dutch famous faces test for older adults. *Frontiers in Medicine*, 10, 1124986. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1124986>

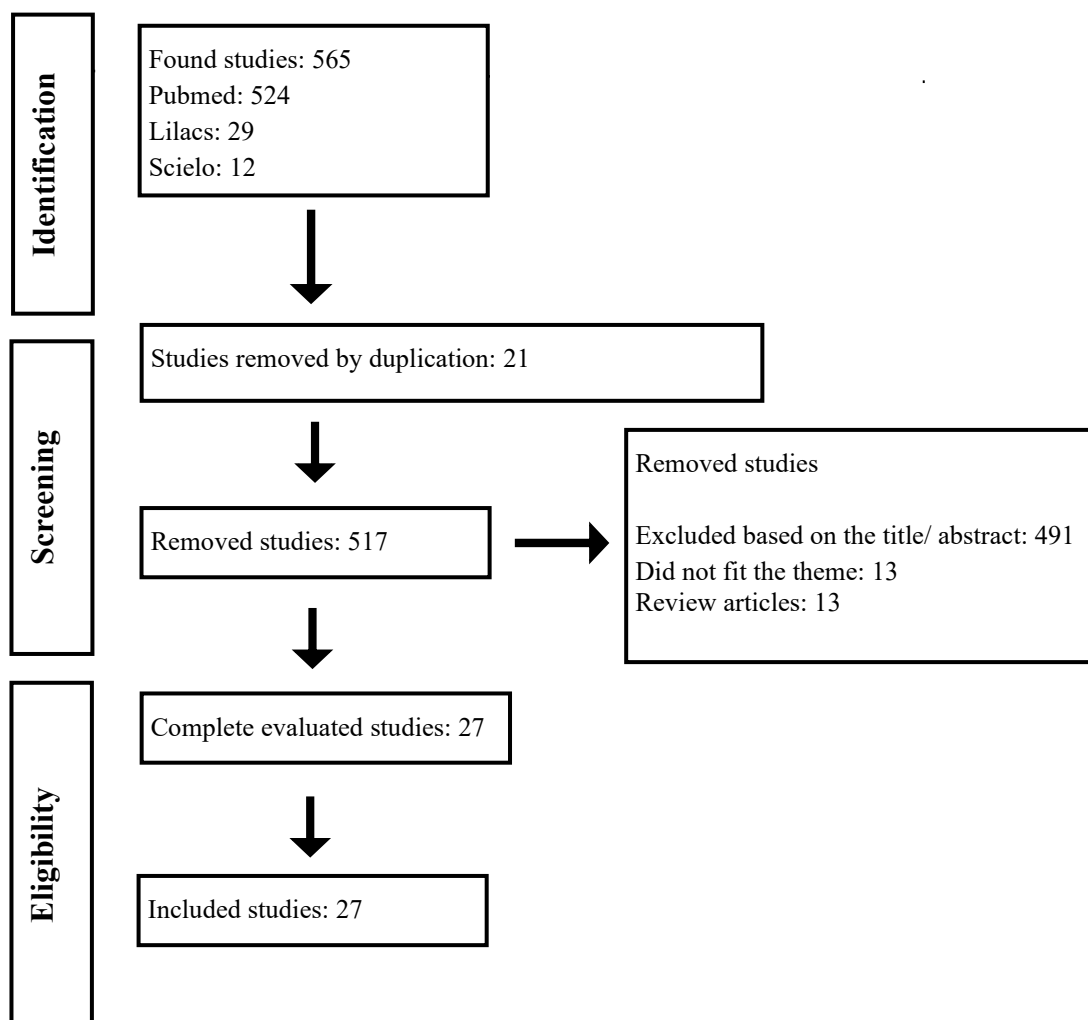
White, D., Rivolta, D., Burton, A. M., Al-Janabi, S., & Palermo, R. (2017). Face matching impairment in developmental prosopagnosia. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (2006), 70(2), 287–297. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1173076>

Whyte, E. M., Behrmann, M., Minshew, N. J., Garcia, N. V., & Scherf, K. S. (2016). Animal, but not human, faces engage the distributed face network in adolescents with autism. *Developmental Science*, 19(2), 306–317. <https://doi.org/10.1111/desc.12305>

Zebrowitz, L. A., & Montepare, J. M. (2008). Social Psychological Face Perception: Why Appearance Matters. *Social and personality psychology compass*, 2(3), 1497. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2008.00109.x>

Figure 1

Flow diagram of the systematic review selection process, adapted from the PRISMA diagram (Galvão et al., 2015).



Source: figure prepared by the author (2023).

Table 1

Selected studies using tests for facial recognition analysis in individuals with prosopagnosia.

Authors/year	Objective	Tests used for face recognition	Main results
Duchaine & Nakayama (2004)	Testing individuals with developmental prosopagnosia using the BFRT to systematically assess whether patients with developmental prosopagnosia can pass it.	Face One in Ten Test; Faces Old/New 1 Test; Faces Old/New 2 Test; Benton Facial Recognition Test (BFRT).	Patients with DP are generally able to complete the BFRT, but they often require more time to do so compared to healthy patients, although some individuals with DP respond more quickly.
Duchaine, & Nakayama (2006)	Evaluating the validity of the CFMT.	Cambridge Face Memory Test (CFMT); BFRT; Recognition Memory for Faces (RMF).	The comparison of CFMT, BFRT, and RMF revealed that CFMT accurately classified 75% of prosopagnosics, whereas BFRT and RMF correctly classified only 25% and 38%, respectively.
Le Grand et al. (2006)	Investigating what aspects of face processing are impaired/spared in developmental prosopagnosia.	The Famous Face Recognition Tests; "One in Ten" test.	Four participants with DP exhibited a normal pattern of face classification. At least half of the sample displayed impairments in facial identity processing, as evidenced by issues related to the external contour, spacing of internal features, or judgments of attractiveness.
Dobel et al. (2007)	Comparing six cases of congenital prosopagnosia to unimpaired participants using standardized test batteries, tailor-made experimental paradigms, and clinical questionnaires.	Bielefelder Famous Faces Test; Face and Name Learning Test I; Emotion Expression Judgment; Face and Name Learning Test II; BFRT; Delayed Matching to Sample of Faces and Eyeglasses.	Prosopagnosics displayed deficits in recognizing famous faces and had limited ability to retain new faces for short periods. Their judgment of emotional expression, speech reading, and memory for faces and names were only mildly impaired. No evidence was found for general visual deficits or social dysfunction
Duchaine et al. (2007)	Investigating whether individuals with Developmental Prosopagnosia (DP) exhibit a specific pattern of deficits in relation to global vs. local processing, as previously reported in studies.	Famous faces Test; Cambridge Face Perception Test (CFPT); CFMT; Eyes Test; Global-local Tasks;	Deficits in memory and perception were observed in individuals with DP. In the task that assessed global-local processing performance, individuals with DP displayed average performance similar to that of the control group. They exhibited a typical global advantage and typical global-to-local consistency effects, similar to the individuals in the control group.
Humphreys et al. (2007)	Investigating whether the ability to recognize facial expression can be preserved in the absence of the recognition of facial identity remains controversial	Famous Face Recognition; Unfamiliar Face Discrimination; BFRT.	Facial expression processing in the group of three individuals with DP indicated that facial expression processing was at normal levels in all three of them. However, it was severely compromised in two individuals when compared individually with the participants with acquired Prosopagnosia (PAd). On the other hand, the two individuals with PAd showed marked difficulties with most expressions.
Bowles et al. (2009)	Assessing the extent to which norms for CFMT and CFPT must take into account ageing, sex, and testing country.	CFMT; CFPT.	The finding that the diagnostic threshold for prosopagnosia was influenced by age, participant ethnicity (within Caucasians), and sex for middle-aged and older adults in the CFPT.

McKone et al. (2011)	Developing the "CFMT-Australian" (CFMT-Aus), which complements the CFMT-original by using ethnicity better matched to a different European subpopulation.	CFMT – Aus; CFMT.	The reliability (0.88) and validity (convergent, divergent using trolleys, inversion effects) of the CFMT-Aus were confirmed. The ethnicity depicted by the face has subtle effects on facial processing, even in normal participants. The CFMT-Aus clarifies the diagnosis of prosopagnosia, and the study revealed that face memory at short intervals (3 minutes, 20 minutes, and 24 hours) leads to overlapping processes in normal participants.
Palermo et al. (2011)	Assessing the extent of holistic processing of facial expressions and facial identity in individuals with DP in comparison to healthy individuals.	Macce Famous Face Test 2008 (MFFT-08); CFMT; CFPT; Ekman 60 Faces Test.	The clinical group exhibited weaker holistic processing for both facial expression and facial identity information. Therefore, normal facial expression recognition in individuals with DP may be a result of compensatory strategies
Biotti & Cook (2016)	Describing three complementary experiments that examine emotion recognition in a sample of 17 developmental prosopagnosics.	Twenty-Item Prosopagnosia Index questionnaire (Pi20); CFPT; CFMT.	The first two experiments revealed a reduced ability in individuals with DP to classify facial expressions. After dividing the clinical sample into two subgroups, apperceptive and non-apperceptive, it was particularly evident that inaccurate expression categorization was more pronounced in those individuals exhibiting apperceptive profiles.
Esins et al. (2016)	Assessing various aspects of facial recognition as well as other aspects of object recognition.	CFMT; Surprise recognition test; Composite Face Test; Facial Motion Advantage Test.	Significant differences in performance were observed between individuals with prosopagnosia and those in the control group in all face tests, while both groups did not differ in object recognition tests. Prosopagnosics exhibited significant deficits in face recognition tasks, including holistic processing and reduced processing of face configuration information. While the control group recognized dynamic faces better than static faces, this effect was not observed in the clinical group. The clinical group also showed a significantly reduced reliability coefficient in the CFMT.
Ulrich et al. (2016)	Investigating the possibility that some cases of DP are caused by memory impairment, with any perceptual complaints merely allied rather than causal.	CFMT; CFPT; The Mooney Face Task.	Six of the 11 individuals failed to show any evidence of perceptual impairment. In the remaining five individuals, no single perceptual deficit, or combination of deficits, was necessary or sufficient for poor recognition performance. These data suggest that some cases of DP are better explained by a memorial rather than perceptual deficit, and highlight the relevance of the apperceptive/associative distinction more commonly applied to the allied syndrome of acquired prosopagnosia.
Davies-Thompson et al. (2017)	Evaluating a perceptual learning program that incorporated variations in view and expression, which was aimed at training perceptual stages of face processing with an emphasis on ecological validity.	CFMT; CFPT; RMF; BFRT; Familiarity: Famous faces.	The control task did not affect perception, and training enhanced perceptual sensitivity for the trained faces, which generalized to new, untrained expressions of these faces. The improvement extended to new faces, and the benefits were sustained for three months. The

			training was more effective for individuals with more pronounced initial perceptual deficits.
Fisher et al. (2017)	Assessing whether the activation of visual working memory for individual faces is selectively impaired in DP.	Famous Faces Test; CFMT; CFPT.	Participants with DP exhibited impaired performance in the identity task but performed at the same level as controls in the expression task. The results indicate a specific deficit in facial visual memory related to identity in individuals with DP.
McKone et al. (2017)	Demonstrating the methodological suitability of CFMT – Chinese.	CFMT – Chinese.	The CFMT - Chinese is methodologically suitable for diagnosing prosopagnosia in chinese participants, with high internal reliability ($\alpha = 0.86$), an approximately normal distribution, and sample-standard scores well above chance.
White et al. (2017)	Testing face identification ability in six people with DP, who are severely impaired on face memory tasks, using tasks that do not rely on memory.	CFPT; GFMT.	Participants with DP showed relative unimpaired on a standard test of face matching ability, indicating that they can achieve normal levels of accuracy on the GFMT despite deficits in central face recognition ability. However, a pronounced deficit in face matching was observed, suggesting that individuals with DP have difficulty recognizing individuals when faced with natural everyday variations in a person's appearance
Rossion & Michel (2018)	Providing up-to-date performance standards for the BFRT, including the time taken to complete the test, as assessed in an electronic version of this (BFRT-c).	Computerized Benton Facial Recognition Test (BFRT-c)	Although response reliability and accuracy were relatively low, this was primarily due to the significant variability in item difficulty. The response time measured in this version (with an average of 3 minutes) offers a reliable complementary measure.
Arizpe et al. (2019)	Evaluating the utility of the CFMQ in identification of individuals with prosopagnosia.	Cambridge Face Memory Questionnaire (CFMQ); CFMT; Famous Faces Memory Test (FFMT); Pi20.	The CFMQ demonstrated strong validity, with high correlations of 0.44 with CFMT and 0.52 with FFMT. However, cut-off analyses revealed that no CFMQ score produced a combination of clinical-grade sensitivity and positive predictive value in individuals sufficient to support its use as a standalone screening or diagnostic test
Murray & Bate (2020)	Assessing the test–retest reliability of the Cambridge Face Memory Test (CFMT).	CFMT; CFMT-Aus; CFPT; Famous Face Test.	It was found that there were no significant differences in test-retest effects between participants who completed the tasks online and those who did so in the laboratory. Additionally, performance on the first 48 items of the CFMT was equally sensitive as the total score of all 72 items, suggesting that the test can be shortened for efficiency
Matsuyoshi & Watanabe (2021)	Examining the relationship between the two representative self-report face recognition questionnaires (PI20 and HK questionnaire) and assessing the extent to which these questionnaires differ in their relationship with face recognition performance in normal	PI20; 15-item questionnaire in a Hong Kong population (HK questionnaire); Taiwanese Face Memory Test (TFMT).	The results indicated that both questionnaire scores had moderate correlations with face recognition performance (approximately $r = 0.3$), with the strongest correlation observed for HK11 as compared to PI2.

	populations, excluding predetermined extreme groups.		
Stantic et al. (2022)	Developing the OFMT, establish the range of performance on the measure to assess its utility in measuring individual differences, and comparing the OFMT scores with those of the CFMT and PI-20.	Pi20; CFMT; Glasgow Face Matching Test (GFMT); Oxford Face Matching Test (OFMT).	The OFMT was found to be sensitive to individual differences in the typical population as well as in groups of prosopagnosic and over-recognizing individuals. The test-retest reliability of the task was on par with that of the CFMT and the GFMT.
Svart et al. (2022)	Exploring whether individuals with self-reported DP also report signs of other neurodevelopmental disorders, deficits, or conditions (developmental comorbidity).	Pi20	Overall, 54% reported a developmental comorbidity, with the majority indicating specific cognitive impairments (e.g., memory) rather than diagnostic categories (e.g., ADHD).
Burns et al. (2022).	Enhancing the understanding of DP cases that are excluded by more traditionally employed tests, highlighting their limitations, and proposing a novel approach to PD diagnosis.	CFMT; Famous Faces Test; Cambridge Face Perception Test inverted scores (CFPTinv); Cambridge Face Perception Test upright scores (CFPTup); Cambridge Face Perception Test Holistic Perception measure; PI20.	The excluded PD cases were found to exhibit impairments in practically all aspects of facial processing. Furthermore, in some instances, they encountered difficulties comparable to those in classic cases, suggesting key shared characteristics across both subgroups of this condition. Additionally, a new approach was proposed for researchers to comprehensively diagnose and study prosopagnosia.
Bate et al. (2022).	Examining the effectiveness of a facial training program in adults and children with facial recognition difficulties.	CFMT; CFPT; Cambridge Car Memory Test; Cambridge Car Perception Test.	Improvements in facial memory were observed in three of the participants. While there was also improvement in facial perception, there was mixed evidence regarding the facial specificity of these gains. Collectively, these findings suggest plasticity in the human facial recognition system extending at least until mid-adulthood, and they also open the door for longer-term implementations of the face training program, likely to result in greater improvements for both adults and children.
Murray et al. (2022).	Assessing the validity of the BFRT-r in typical participants, providing normalization data for comparison in clinical cases, and evaluating the diagnostic utility of the test along with the BFRT-c in DP.	BFRT-c; Benton Facial Recognition Test- Revised (BFRT-r); CFMT;	The BFRT-r showed good internal reliability and content validity in a sample of typical participants. However, a subsequent assessment revealed that older participants took longer to complete it, underscoring the need for age-appropriate norms. Additionally, when administered to 32 individuals with developmental prosopagnosia, the BFRT-r exhibited greater sensitivity in diagnostic screening compared to the BFRT-c.
Little et al. (2023).	Investigating whether preferences for horizontal information in faces are associated with face recognition abilities in a typical sample and whether such preferences are	CFMT.	Overall, the study demonstrated that the preference for horizontal information in faces is associated with typical variations in facial recognition skills but is not impaired in individuals with DP.

	absent in individuals with developmental prosopagnosia.		
Portch et al. (2023).	Developing an understanding of familiar face recognition in individuals with DP, including the reasons for both successful and unsuccessful performance.	FFMT.	The results suggest that individuals with DP can successfully and frequently employ compensatory strategies to recognize faces, and these strategies support the majority of cases of preserved familial face recognition.

Source: figure prepared by the author (2023).

CAPÍTULO III: EFFECTS OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION ON FACIAL IDENTITY RECOGNITION: A SYSTEMATIC REVIEW

Artigo será submetido em periódicos classificados entre A1 – B1 (Qualis quadriênio 2017 - 2020), ou fator de impacto ≥ 1.00 (Web of Science platform - Clarivate)

Title: Effects of transcranial direct current stimulation on facial identity recognition: a systematic review.

Aline Miranda de Vasconcelos¹, José Aldecyano Lino Gomes¹, Géssika Araújo de Melo¹, Laurent Koessler², Nelson Torro-Alves¹.

¹Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil; ²Lorraine University, Nancy, France.

Corresponding author: Aline Miranda de Vasconcelos. Campus I Lot. University City, João Pessoa - PB, 58051-900; alinemvasconcelos@gmail.com

Title: Effects of transcranial direct current stimulation on facial identity recognition: a systematic review.

Authors: Aline Miranda de Vasconcelos¹, José Aldecyano Lino Gomes¹, Géssika Araújo de Melo¹, Laurent Koessler², Nelson Torro-Alves¹.

Affiliations: ¹Federal University of Paraíba. ²Lorraine University, Nancy, France.

Running Head: Facial Recognition and tDCS

Email address and contact details of corresponding author: Aline Miranda de Vasconcelos. Campus I Lot. University City, João Pessoa - PB, 58051-900; alinemvasconcelos@gmail.com

ABSTRACT

Facial recognition is an essential skill that supports effective social interactions and communication. A growing body of literature has explored the effects of neuromodulation on face recognition; however, findings remain fragmented and lack comprehensive integration. In this study, we conducted a systematic review of the effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on face recognition, following the PRISMA guidelines. From an initial set of 203 references, we identified 19 studies that met our relevance criteria. The results indicate that tDCS can influence face processing, particularly in areas such as attention, holistic processing, working memory, and the inversion effect, depending on the specific protocols employed. In addition, the studies highlight the involvement of specific brain regions in facial cognition, including the left dorsolateral prefrontal cortex, the right occipital cortex, the right fusiform gyrus, the occipital face area, and the fusiform face area. This review provides a valuable ground for future research into the application of tDCS in face processing studies and its potential use in clinical contexts.

Keywords: Transcranial Direct Current Stimulation; Facial Identity Recognition; Facial Recognition.

RESUMO

O reconhecimento facial é uma habilidade essencial para interações sociais eficazes e uma comunicação bem-sucedida. Um número crescente de estudos tem investigado os efeitos da neuromodulação no reconhecimento de faces, mas os resultados ainda são fragmentados e carecem de uma integração abrangente. Neste estudo, realizamos uma revisão sistemática sobre os efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) no reconhecimento facial, seguindo as diretrizes PRISMA. De um total inicial de 203 referências, identificamos 19 estudos que atenderam aos nossos critérios de relevância. Os resultados mostram que a ETCC pode influenciar o processamento facial, especialmente em aspectos como atenção, processamento holístico, memória de trabalho e o efeito da inversão, dependendo dos protocolos utilizados. Além disso, os estudos destacam a participação de regiões específicas do cérebro na cognição facial, como o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo, o córtex occipital direito, o giro fusiforme direito, a área occipital da face e a área facial fusiforme. Esta revisão oferece uma base valiosa para futuras pesquisas sobre a aplicação da ETCC em estudos de processamento facial e seu potencial uso em contextos clínicos.

Palavras-chaves: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua; Reconhecimento de Identidade Facial; Reconhecimento Facial.

INTRODUCTION

Recognizing faces is an essential skill in social interaction and effective communication between individuals (Souza et al., 2008). In the first months of life, the non-specific constraints of the human visuo-perceptual system, which orient attention not only to faces but also to other objects, are tuned to become specialized for faces later during development (Simion, Leo, Turati, Valenza, & Dalla Barba, 2007). This situation continues throughout life, as most individuals have become experts at discriminating faces and can know more than 5,000 faces (Jenkins, Dowsett, & Burton, 2018).

Two main approaches to visual processing seek to explain the mechanisms underlying face recognition. The first, known as the analytical approach, suggests that individuals initially focus on the most relevant facial information by examining individual features separately and then integrating them into a cohesive understanding (e.g., Van Belle et al., 2011, Davies et al., 1977, and Sadr et al., 2003). In contrast, the holistic approach proposes that faces are perceived as unified wholes, meaning that the various components of a face are integrated into a single perceptual representation (Rossion, 2008). This approach is supported by phenomena like the whole-face effect, where individuals are typically more adept at recognizing faces when they are shown as complete entities rather than in separate parts (Tanaka & Farah, 1993). Additionally, the composite-face effect illustrates how facial features are effortlessly combined into a unified perception (Young et al., 1987; Rossion, 2013). These approaches offer distinct perspectives on the complex cognitive processes underlying facial recognition.

Facial identity recognition involves distinguishing structural features that remain constant, despite variations in facial expressions and movements of the eyes and mouth (Passarelli et al., 2022). Therefore, face perception requires processing not only the invariant aspects, such as facial identity, but also the variant aspects, like facial emotions (Corrow et al., 2016).

Studies have consistently supported the dissociation between the recognition of facial identity and facial emotions (Bruce and Young, 1986). A notable example of that is observed in individuals with prosopagnosia, a condition characterized by difficulty in recognizing facial identities, while the ability to recognize facial emotions typically remains intact (Etcoff, 1984; Young et al., 1993; Bentin et al., 2007; Duchaine et al., 2003, Rossion, 2022a, Rossion, 2022b). Conversely, in certain psychiatric conditions, such as

schizophrenia (Comparelli et al., 2013), bipolar disorder (Surguladze et al., 2005), and the autism spectrum disorder (Baron-Cohen et al., 1999), individuals often exhibit more pronounced impairments in the recognition of facial emotions. This distinction highlights the independent nature of the cognitive processes underlying facial identity and emotion recognition.

Neuroimaging studies have identified the network responsible for face perception, which primarily consists of three regions within the occipitotemporal visual cortex: the inferior occipital gyri, the fusiform gyrus, and the superior temporal sulcus. These regions play pivotal roles in face processing, contributing to various aspects of facial perception (Hoffman & Haxby, 2000; George et al., 1999). The Occipital Face Area (OFA), located in the inferior occipital gyrus of the occipital lobe, plays a crucial role in the early stages of face perception. The OFA is primarily involved in the structural encoding of facial features, such as the eyes, nose, and mouth, and is responsible for processing these individual components rather than the holistic face. The fusiform gyrus stands out as the principal region associated with the processing of facial identity (Grill-Spector et al., 2006; Downing et al., 2006). Additionally, the superior temporal sulcus is more engaged in processing variable aspects of faces, such as gaze direction, lip movements, and facial emotions (Haxby et al., 2000; Passarelli et al., 2022).

When it comes to facial emotions, additional areas are implicated, including the amygdala, basal ganglia, lateral and medial parietal cortex, medial temporal lobe, lateral temporal cortex, dorsal and rostral anterior cingulate cortex, anterior insular cortex, and prefrontal cortex (Lieberman, 2007). Furthermore, other regions are involved in the processing of different types of information (Hoffman & Haxby, 2000; Sergent et al., 1992; Puce et al., 1998). The intraparietal sulcus is responsible for maintaining spatial attention, while the anterior temporal pole is involved in accessing semantic information and identifying personal identity, such as names (Sellal, 2022).

In this context, non-invasive brain stimulation techniques present a promising approach for investigating the anatomical underpinnings of face recognition. These techniques have helped to understand the neural correlates of different cognitive functions (Nejati et al., 2018; Nejati et al., 2021; Polania et al., 2018). Furthermore, these techniques enable the modulation of brain activity with therapeutic intentions for various

psychopathological conditions (Alizadehgoradel et al., 2020; Nejati et al., 2020; Salehinejad et al., 2017; Soltaninejad et al., 2019).

Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) is a prominent method of non-invasive brain stimulation, widely recognized for its potential in modulating neural activity (Nejati et al., 2021). This technique delivers low-intensity continuous electrical currents, generally ranging from 0.5 to 4.0 mA (Bikson et al., 2009). However, in the context of facial recognition studies, currents between 1.0 mA and 2.0 mA are often used, with stimulation sessions typically lasting from 10 to 30 minutes (Nejati et al., 2021). The electrical currents are administered through two electrodes, usually sized between 25 cm² and 35 cm², which are placed in direct contact with the scalp. The effects of tDCS are polarity-dependent: anodal stimulation tends to facilitate behaviors associated with the targeted brain region, while cathodal stimulation generally results in inhibitory effects (Stagg & Nitsche, 2011; Thair et al., 2017).

Moreover, tDCS protocols can incorporate a placebo (sham) condition, where a simulated current is briefly activated for 30 seconds before being automatically turned off, allowing for controlled experimental conditions (DaSilva et al., 2011). This integration of technical precision and methodological flexibility makes tDCS a valuable tool in both research and clinical settings, particularly in exploring and modulating cognitive functions and behaviors related to specific brain regions.

To date, most systematic reviews have concentrated on the effects of tDCS in cognitive domains such as attention, memory, and executive functions, both in healthy individuals (Dedoncker et al., 2016; Westwood & Romani, 2017; Katsoulaki et al., 2017) and in clinical groups (Hara et al., 2021; Khan et al., 2022). However, the application of tDCS in the domain of facial identity remains underexplored. Nejati et al. (2022) underscored this research gap in their systematic review, which specifically assessed the impact of neuromodulation on facial emotion recognition.

Here, we conducted a systematic review of studies that evaluates the effects of tDCS on face recognition. This review aimed to summarize current results, identify trends and highlight gaps in research into the influence of tDCS on face recognition. For that, we compiled information about the main characteristics of the study design (participants and type of task), tDCS parameters (application area, intensity, duration, electrode size, type of tDCS: online/offline), populations studied, outcomes observed, and main results. There, the

present work therefore contributes to understanding the potential applications of tDCS in modulating or improving facial recognition capabilities.

METHODS

The systematic review was conducted following the PRISMA guidelines (Galvão et al., 2015). The review protocol was registered with PROSPERO under the number CRD42024574902. The electronic search was conducted in July 2024 in the databases PubMed, Web of Science, Psycinfo, and Science Direct, using the following descriptors: ((“transcranial direct current stimulation” OR “transcranial current stimulation” OR “non-invasive brain stimulation” OR “TDCS”) AND (“face memory” OR “face perception” OR “facial recognition” OR “facial identity recognition”)). These keywords were selected to maximize sensitivity, even in the absence of specific MeSH terms.

Inclusion and Exclusion Criteria

The study selection was based on the PICOS framework:

Population (P): Healthy individuals or patients with neurological or psychiatric conditions affecting facial recognition.

Intervention (I): Studies utilizing tDCS as the primary intervention to modulate facial identity recognition.

Control (C): Studies with a control group, either a placebo (sham) group or a non-intervention comparison group.

Outcome (O): Studies measuring the effects of tDCS on facial identity recognition, based on behavioral and electrophysiological measures

Study Type (S): Clinical trials and intervention studies examining the effects of tDCS on facial identity recognition.

Only English-language articles were included. Exclusions were made for duplicates, animal studies, other stimulation forms, pharmacological interventions, case studies, reviews, reports, and studies not focused on facial identity recognition. No restrictions were placed on the year of publication.

Study Selection

Study selection was conducted by two reviewers (AM and GA) using the Rayyan platform, with blinding between the reviewers during their analysis. After excluding duplicate studies across databases, articles were selected by reviewing the title and abstract based on the eligibility criteria. If there was no consensus between the two reviewers, a third reviewer (NT) was asked to read the full text to determine the inclusion or exclusion of the study in the review.

Data Extraction and Analysis

Two independent reviewers (AM and AG) extracted data from each study using an Excel spreadsheet. As mentioned before, the review considered both electrophysiological and behavioral outcomes.

Risk of Bias and Data Summary

The methodological quality of the studies was assessed using the PEDro scale (Beaton et al., 2000). The results are presented in Table 1. Each study was classified as high, medium, or low quality based on its total score. Studies scoring between 8 and 10 were considered high quality, as they provided more robust evidence. Those scoring between 4 and 7 were deemed to have moderate quality, while studies scoring below 4 were classified as low quality due to limitations that may have affected the validity of the results. It was observed that 73,6% of the studies included in the review demonstrated moderate methodological quality.

Finally, the studies included in Table 2 were summarized using the following variables: 1) identifying author and year of publication, 2) study design, including participants and type of task requested, 3) tDCS parameters, such as application area, intensity, duration, electrode size, and type of tDCS, and 4) main results.

Table 1. Evaluation of studies using the PEDro scale to analyse risk of bias.

Escala Pedro	Yang et al. (2014)	Renzi et al. (2015)	Smirni et al. (2015)	Brunyé et al. (2017)	Barbieri et al. (2016)	Civile et al. (2016)	Costantino et al. (2017)	Payne & Tasakiris (2017)	Civile et al. (2018)	Civile et al. (2019)	Willis et al. (2019)	Civile et al. (2020)	Civile et al. (2021a)	Civile et al. (2021b)	Papagno et al. (2021)	Civile & McLaren (2022)	Kho et al. (2023a)	Civile et al. (2023)	Kho et al. (2023b)
Critério 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Critério 2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Critério 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Critério 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Critério 5	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Critério 6	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
Critério 7	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
Critério 8	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Critério 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Critério 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Critério 11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	6	4	6	4	5	7	6	8	8	8	6	9	7	5	5	8	6	7	5

Source: figure prepared by the autor (2024).

RESULTS

In initial search, we identified 203 articles. After screening titles and abstracts, 19 articles were included according to the eligibility criteria (Figure 1). We found that 11 articles were published in the last five years, between 2018 and 2023, while the remaining studies were published between 2014 and 2017. The sample size ($n=1,505$) varied from 32 participants (Renzi et al., 2015; Papagno et al., 2021) to 168 participants per study (Civile et al., 2021a), with most of the sample consisting of women ($n=998$).

Among the 19 studies evaluated, only one included a sample composed of clinical patients with unilateral anterior temporal lobe resection (Papagno et al., 2021). The remaining studies were conducted with healthy volunteers. Regarding the type of blinding, 9 studies employed double-blinding, 6 used single-blinding, and 4 did not provide information about the blinding procedure.

As for the tDCS protocol used, the stimulation time ranged from 10 to 24.6 minutes, with an intensity of 0.5 to 4 mA, with 1.5 mA being the most commonly used ($n=14$). Electrode sizes ranged from 3.14 cm² to 35 cm², with the 35 cm² electrodes being the most commonly used ($n=10$), and anodal stimulation being the most chosen ($n=12$). The most frequently targeted stimulation area was the left dorsolateral prefrontal cortex, corresponding to the (Fp3) area according to the EEG 10-20 system ($n=9$), followed by the right occipitotemporal cortex (PO8) ($n=5$). Offline tDCS was the most used ($n=9$), followed by the online model ($n=9$), with the online/offline design being used in only one study (Barbieri et al., 2016).

Studies employed tDCS combined with neuropsychological instruments such as the Cambridge Face Memory Test (Constantino et al., 2017; Barbieri et al., 2016; Brunyé et al., 2017; Willis et al., 2019; Kho et al., 2023b), Benton Recognition Test (Papagno et al., 2021), Orientation Judgment Task (Yang et al., 2014), Old/New Recognition Task (Civile et al., 2016; Civile et al., 2019; Civile et al., 2021a; Civile et al., 2023), among others. Findings indicated that tDCS can influence face processing, particularly in terms of attention, holistic processing, working memory for faces, and the face inversion effect. Table 2 provides the main characteristics of the studies.

The majority of the studies presented (14 out of 19) have moderate methodological quality, which indicates that these studies meet some of the main validity criteria but may have some methodological limitations, such as a lack of adequate blinding, absence of

concealed allocation, or failures in intention-to-treat analysis. These factors may introduce some level of bias in the results. However, the presence of high-quality studies (5) strengthens the conclusions of the systematic review, as these studies offer more robust and reliable evidence.

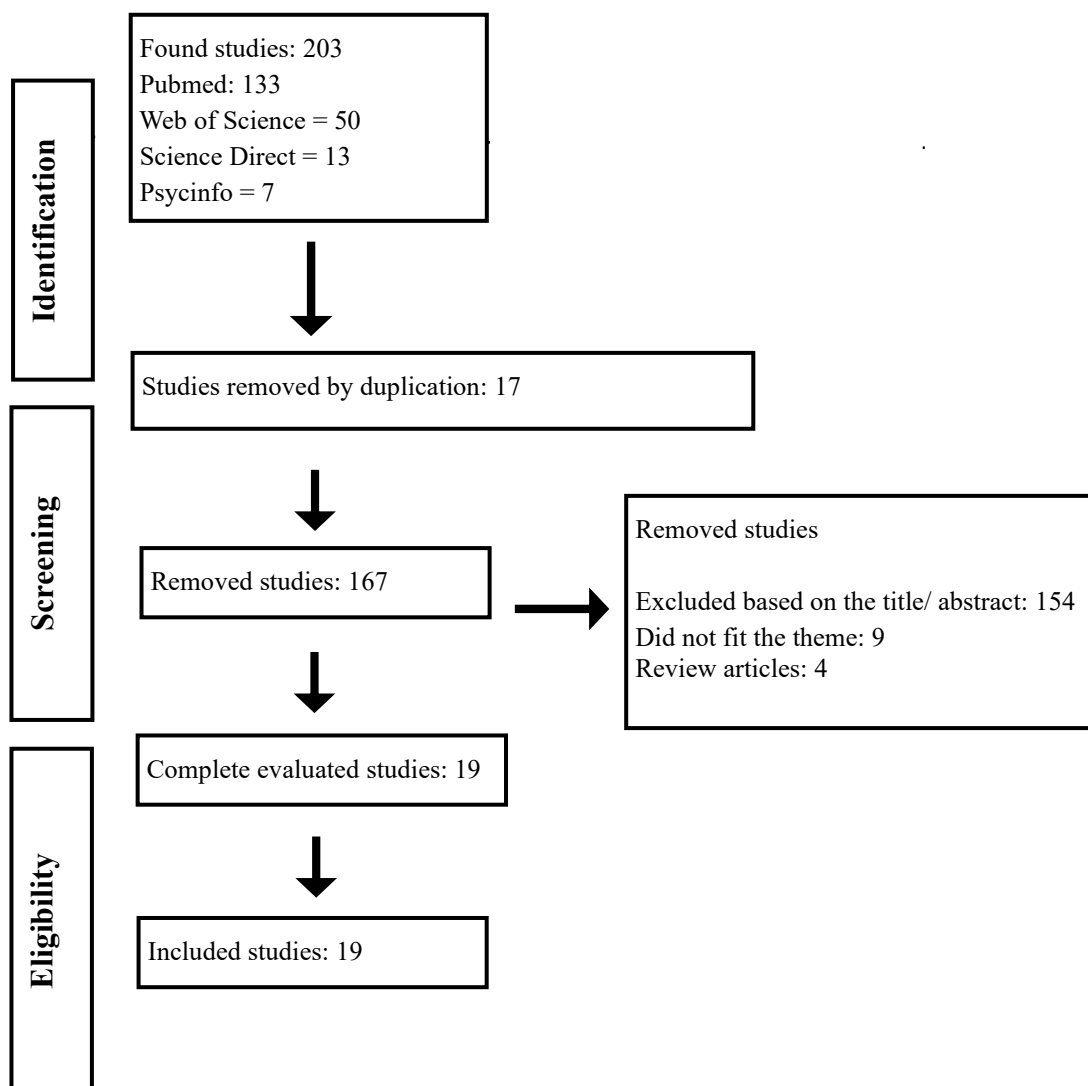


Figure 1. Information flow with the different phases of the systematic review, according to PRISMA standards.

Table 2. Characteristics of the studies included in the review that evaluated the effects of the tDCS on face recognition.

Author (s) / Year	Study design	tDCS Parameters	Main results
Yang et al. (2014)	Participants: Experiment 1: 24 (11 women), mean age of 22.8 years; Experiment 2: 39 (21 women), mean age of 22.7 years; Type of task requested: <i>Orientation Judgment Task</i>	Application area: P7/P8 Intensity: 1.5 mA Duration: 15 minutes Electrode size: 35 cm ² Stimulation type: cathodal and anodal Type of tDCS: offline	The study demonstrated that the application of tDCS over the bilateral OT can affect the N170 in the right hemisphere as well as the composite face effect.
Renzi et al. (2015)	Participants: Experiment 1: 16 (13 women), mean age of 23.31 years; Experiment 2: 16 (11 women), mean age of 24.87 years; Type of task requested: <i>Composite faces task, Mooney faces task, Mooney objects task</i>	Application area: OFA Intensity: 2 mA Duration: 20 minutes Electrode size: 35 cm ² Stimulation type: anodal tDCS type: offline	The loss of the learning effect after tDCS stimulation in both Mooney face detection and object detection was unexpected. Moreover, in the composite face task, tDCS did not affect the participants' tendency to process faces holistically.
Smirni et al. (2015)	Participants: 36 (32 women), mean age of 3.56 years; Type of task requested: Recognition Memory Test (Italian version).	Application area: F3/F4 Intensity: 1 mA. Duration: 20 minutes Electrode size: 35 cm ²	Cathodal tDCS over the right DLPFC significantly improved performance in non-verbal recognition memory, while cathodal tDCS over the left DLPFC had no effect. Anodal tDCS over both the left and right DLPFC did not alter performance in non-verbal recognition memory.

		Stimulation type: cathodal and anodal	
		tDCS type: offline	
Barbieri et al. (2016)	Participants: 48 (33 women), mean age of 27 years; Type of task requested: <i>CFMT, CCMT, FP and OP</i>	Application area: PO8 Intensity: 1.5 mA Duration: ETCC Online: 24.6 minutes ETCC Offline: 20 minutes before answer any task. Electrode size: 25 cm² Stimulation type: anodal tDCS type: online e offline	They demonstrated that offline tDCS improves face and object perception and memory performance. However, there was no effect of online tDCS on behavior.
Civile et al. (2016)	Participants: Experiment 1: 32 (23 women), mean age of 20 years; Experiment 2: 72 (54 women), mean age of 22 years; Type of task requested: <i>Old/New Recognition Task</i>	Application area: Fp3 Intensity: 1.5 mA Duration: 10 minutes Electrode size: 35 cm² Stimulation type: Experiment 1: anodal Experiment 2: anodal and cathodal tDCS type: online	In 2 experiments, anodal stimulation disrupted perceptual learning (indexed by an inversion effect) compared with sham (Experiment 1) or cathodal (Experiment 2) stimulation. This result supports that anodal tDCS at Fp3 directly influences this modulation process so as to eliminate and possibly reverse perceptual learning.
Brunyé et al. (2017)	Participants: Active group: 24 (15 women), mean age of 21.3 years; Control group: 24 (17 women), mean age of 19.6 years;	Application area: PO10 Intensity: 0.5mA e 1.5mA Duration: 10 minutes	tDCS targeting the right fusiform gyrus can enhance working memory specifically for faces.

	Type of task requested: <i>CFMT and Working Memory Task</i>	Electrode size: Not specified. *In this study, two sintered Ag/AgCl ring electrodes were used in a 74-channel EasyCap (EEG cap) with plastic holders. Stimulation type: anodal tDCS type: online	
Costantino et al. (2017)	Participants: 88 (45 women), mean age of 26.65 years; Type of task requested: <i>CFPT, FP, OP, CFMT and CCMT</i>	Application area: PO8 Intensity: 1.5 mA Duration: 20 minutes Electrode size: 25 cm ² Stimulation type: cathodal tDCS type: offline	The preliminary finding suggests that cathodal tDCS may induce behavior similar to the Other-Race Effect (ORE) in non-Caucasian participants who did not demonstrate any ORE prior to stimulation.
Payne & Tsakiris (2017)	Participants: 66 (44 women), mean age of 21.54 years; Type of task requested: <i>Video-morphing Task</i>	Application area: CP6 Intensity: 1 mA Duration: 20 minutes Electrode size: 35 cm ² Stimulation type: cathodal and anodal tDCS type: offline	The modulation of excitability induced by tDCS can affect the discrimination of faces of oneself and others, inhibiting the recognition of oneself and facilitating the recognition of other faces when familiar.
Civile et al. (2018)	Participants: 144 (111 women), mean age of 21 years; Type of task requested: <i>Old/New Recognition Task</i>	Application area: Fp3 Intensity: 1.5 mA	Cerebral stimulation by tDCS applied in the Fp3 region significantly reduces the FIE. This effect did not occur when

		Duration: 10 minutes Electrode size: 35 cm ² Stimulation type: anodal tDCS type: online	the stimulation was applied to a different area of the brain.
Civile et al. (2019)	Participants: 48 (39 women), mean age of 18.9 years; Type of task requested: <i>Old/New Recognition Task (with faces in vertical and inverted)</i>	Application area: Fp3 Intensity: 1.5 mA Duration: 10 minutes Electrode size: 25 cm ² Stimulation type: anodal tDCS type: online	Stimulation significantly reduced the facial inversion effect compared to controls.
Willis et al. (2019)	Participants: 53 (43 women), mean age of 23.09 years; Type of task requested: TOPF, CFMT, Emotion Hexagon Task, Facial Identity Perception Task, Facial Expression Perception Task, Object Perception Task.	Application area: PO8 e FP1 Intensity: 1.5 mA. Duration: 20 minutes Electrode size: 25 cm ² Stimulation type: anodal tDCS type: offline	The study failed to replicate improvements in face and object perception with tDCS on occipitotemporal cortex. The results suggest that the previously reported benefits of these stimulation methods may not be consistent and that more research is needed to better understand these effects.
Civile et al. (2020)	Participants: 48 (30 women), mean age of 21.3 years; Type of task requested: <i>Old/New Recognition Task</i>	Application area: Fp3 Intensity: 1.5 mA Duration: 10 minutes	tDCS may reduce the facial inversion effect in comparison to sham stimulation (control). The results of ERP provide some findings that tDCS may influence the facial inversion effect in N170.

		Electrode size: 35 cm ²	
		Stimulation type: anodal	
		tDCS type: online	
Civile et al. (2021a)	Experiment 1: 96 (77 women), mean age of 20.3 years; Experiment 2: 72 (42 women), mean age of 21 years; Type of task requested: face-matching task (same and different stimuli for each stimulus type); <i>Old/New Recognition Task</i>	Application area: Experiment 1: Fp3 Experiment 2: Fp3 and PO8 Intensity: 1.5 mA Duration: 10 minutes Electrode size: 35 cm² Stimulation type: anodal tDCS type: online	Experiment 1a showed that anodal tDCS delivered at Fp3 affected overall performance for upright faces compared with sham but had no effect on the composite face effect itself. Experiment 1b replicated our usual tDCS-induced effects on the face inversion effect but this time using a Face-Matching task instead of the old/new recognition task previously used to obtain the effect. Experiment 2 replicated the findings from Experiment 1a, and, using an active control group, showed that the Fp3 anodal tDCS effects on performance to upright faces are not obtained when a different brain area is targeted.
Civile et al. (2021b)	Participants: 96 (66 women), mean age of 20.9 years; Type of task requested: <i>Face-Matching Task, checkerboard-matching Task</i>	Application area: Fp3 Intensity: 1.5 mA Duration: 10 minutes Electrode size: 35 cm² Stimulation type: anodal tDCS type: online	The anodal tDCS eliminated the effect of grid inversion in the sham group, but only reduced to faces (even though the values presented were significant).

Papagno et al. (2021)	Participants: 32 patients undergoing surgery for removal of temporal glioma (11 women), mean age of 41.75 years; *16 patients with left hemisphere injury. 64 healthy individuals (43 women) who were divided equally into 4 groups, with their respective average ages: 1: 23.6 years; 2: 22.9 years; 3: 22.5 years; 4: 22.6 years; Type of task requested: <i>UVD, VO-REC, FA-REC and Benton Facial Recognition Test</i>	Application area: T3 e T4 Intensity: 1,5 mA Duration: 20 minutes Electrode size: anode 25cm² e cathode 35cm² Stimulation type: anodal tDCS type: offline	In patients with unilateral temporal lesions, the right hemisphere was more involved in both facial and vocal recognition. However, anodic stimulation of ATL led to a significant improvement only in voice recognition. The same right hemisphere prevalence was established in healthy participants after tDCS.
Civile & McLaren (2022)	Participants: 96 (62 women), mean age of 20.8 years; Type of task requested: <i>Old/New Recognition Task</i>	Application area: Fp3 Intensity: 1.5 mA Duration: 10 minutes Electrode size: 35 cm² Stimulation type: anodal tDCS type: online	The results show that, since the FIE for faces of the same race was significantly reduced by the anodic tDCS (compared to sham), the interracial interaction index used as an indicator of the ORE is no longer significant.
Kho et al. (2023a)	Participants: 37 males, mean age 20.89 years; Type of task requested: <i>Facial Recognition Task</i>	Application area: FFA e OFA (right) Intensity: maximum current: 4 mA, each electrode: 2mA Duration: 20 minutes Electrode size: 3.14 cm² Stimulation type: anodal	The results suggest that FFA is involved in the representation of facial features, with implications for understanding the neural mechanisms underlying facial processing.

tDCS type: offline			
Civile et al. (2023)	Participants:128 (88 women), mean age of 20.7 years;	Application area: Fp3	The results show that tDCS can influence the face inversion effect. tDCS increased the inversion effect for normal faces when mixed with Thatcherized faces. However, the presentation of normal faces mixed with trays did not have the same detrimental generalization effect.
	Type of task requested: “study phase”, “old/new recognition phase” and “categorization task”	Intensity: 1.5 mA	
		Duration: 10 minutes	
		Electrode size: 25 cm²	
		Stimulation type: anodal	
tDCS type: online			
Kho et al. (2023b)	Participants: 90 (67 women), mean age of 21.1 years;	Application area: PO8 e FP1	The results showed that there were no significant differences in recognition of faces of the same race and other races after the application of anodic, cathodic or placebo simulation. These findings suggest that tDCS may not be effective for performance modulation in face recognition tasks.
	Type of task requested: CFMT, CFMT-Chinese, CFMT-Chinese Malaysian and CFMT-Australian	Intensity: 1.5 mA	
		Duration: 20 minutes	
		Electrode size: 25 cm²	
		Stimulation type: cathodal and anodal	
tDCS type: offline			
CFPT: Cambridge Face Perception Test; CFMT: Cambridge Face Memory Test; CCMT: Cambridge Car Memory Test; DLPFC: Dorsolateral Prefrontal Cortex; FP: The Face Perception task; OFA: Occipital Face Area; ORE: The Other-race Effect; FFA: Fusiform Face Area; FIE: Face Inversion Effect; OP: the Object Perception task; OT: Occipito-temporal Cortex; ATL: Anterior Temporal Lobe; UVD: Voice discrimination; VO-REC Voice recognition; FA-REC: The Face Recognition Task; TOPF: Test of Premorbid Function.			

DISCUSSION

Here, we conducted a review of studies that evaluated the effects of tDCS on face recognition. Of the total number of works, 18 were conducted with healthy participants, with the exception of one study that analysed patients with unilateral anterior temporal lobe resection (Papagno et al., 2021). We found that the main target areas for modulating facial identity recognition included the left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), the right occipital cortex, the right fusiform gyrus, the occipital face area, the fusiform face area, the right and left occipitotemporal cortex, the right temporoparietal area, and the right and left anterior temporal lobe. Next, we will discuss the effects of tDCS on facial processing, organized by the cortical areas.

Left Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)

A series of studies conducted by Civile and colleagues provides insightful findings on the role of tDCS over the left DLPFC, specifically at the Fp3 location. In their 2016 study, Civile et al. demonstrated that the inversion effect, the index of perceptual learning, in control conditions can be abolished, and even reversed by anodal tDCS to Fp3. In 2018 study, Civile et al. demonstrated that anodal stimulation at Fp3 significantly influenced perceptual learning and reduced the "face inversion effect." This effect is a well-documented phenomenon in which the recognition of inverted faces is more challenging than that of upright faces. Furthermore, the specificity of this effect was underscored by the observation that tDCS applied to other brain regions did not produce similar outcomes in the recognition task. Therefore, findings reinforce the hypothesis that the left DLPFC is involved in perceptual learning and influences facial recognition.

In 2020, Civile et al. investigated the effects of tDCS on the face inversion effect, focusing on both behavioral responses and the N170 component of the ERPs. They observed that anodal tDCS applied at the Fp3 site reduced the face inversion effect behaviorally and also influenced the N170, in comparison to sham stimulation. Similarly, Civile et al. (2021b) showed that the anodal tDCS over Fp3 eliminated the inversion effect for checkerboards, but only reduced it for faces. Moreover, Civile et al. (2021a) extended these findings by demonstrating that anodal tDCS applied to Fp3 significantly reduced overall performance in recognizing upright faces but did not affect the composite face effect. This result highlights the specificity of the tDCS impact, suggesting it disrupts

mechanisms related to general face recognition while preserving holistic processing involved in the composite face effect.

By using the same neuromodulation protocol, Civile and McLaren (2022) investigated the face inversion effect while evaluating faces from either their own race or other races. It is well known that individuals exhibit poorer performance in judging faces of other races, a phenomenon termed the other-race effect. They found that anodal tDCS eliminates the other-race effect by diminishing the face inversion effect for the own race. However, for faces of other races, tDCS had no impact on the face inversion effect. In summary, those findings suggest that tDCS disrupts perceptual learning related to faces (Civile & McLaren, 2022). These findings are consistent with previous research (e.g., Civile et al., 2018, 2021b) and indicate that the modulation of the DLPFC extends its influence to broader neural networks involved in face processing.

Additionally, Smirni et al. (2015) and Civile et al. (2023) provide new evidence on the persistence of the facial inversion reduction effect across various experimental conditions. These conditions include variables such as task complexity and the interval between stimulation sessions, suggesting that tDCS may induce long-lasting changes in brain plasticity related to face processing.

Tremblay et al. (2014) highlight that modulation of the DLPFC significantly impacts a broad spectrum of cognitive functions, with some apparent inconsistencies. For example, Boggio et al. (2009) found the anodal tDCS applied to the DLPFC decreased the ratings of unpleasantness and discomfort/pain of aversive images and Plewnia et al. (2013) showed that cathodal tDCS applied to the DLPFC had an impairing effect on response inhibition. Additionally, other studies have found that neuromodulation of the DLPFC may enhance working memory (Ohn et al., 2008), positive emotion processing (Nitsche et al., 2012), and cognitive flexibility (Elmer et al., 2009; Jeon et al., 2012).

Right Occipital Cortex

Barbieri et al. (2016) conducted a study to explore the potential of tDCS in enhancing facial processing abilities. They identified the PO8 area as particularly crucial for enhancing the perceptual processing of faces and objects. This finding aligns with previous neuroimaging studies, such as those by Dilks et al. (2013) and Rivolta et al. (2012), which have pinpointed face- and object-sensitive regions within the right occipital cortex. However, during the online tDCS, Barbieri et al. (2016) found no improvements in

the perception and memory performance of faces and objects as regard to the behavioral task. This suggests that the timing of tDCS application may play a critical role in its effectiveness, with offline stimulation potentially offering more pronounced benefits for certain cognitive processes.

Conversely, Kho et al. (2023b) found that anodal tDCS did not improve recognition of own-race or other-race faces. This finding corroborates the results of Willis et al. (2019), who reported no effects of anodal tDCS at the occipital region in face recognition. Notably, both studies employed an identical stimulation protocol: 20 minutes of offline tDCS at 1.5 mA targeting the occipital region, utilizing a 25 cm² sponge electrode. They also used the Cambridge Face Memory Test (CFMT) as the facial recognition measure, similar to the methodology of Barbieri et al. (2016). Despite these similarities, Kho et al. and Willis et al. were unable to replicate the memory enhancement effect for faces observed in Barbieri's experiment. Furthermore, Kho et al. (2023b) also reported no significant differences in the recognition of own-race or other-race faces following cathodal tDCS, consistent with earlier research (Jacobson et al., 2012).

Constantino et al. (2017) target the PO8 area for a single session of offline cathodal tDCS. They found that cathodal tDCS has no general effect—neither beneficial nor detrimental—on overall performance across four tasks related to the perception and memory of both faces and objects. Neurophysiological findings suggest that anodal tDCS leads to depolarization (excitation), while cathodal tDCS leads to hyperpolarization (inhibition) of neuronal tissue (Stagg and Nitsche, 2011). This implies that cathodal stimulation would theoretically have an inhibitory effect, potentially impairing task performance. However, Constantino and colleagues (2017) observed no overall decline in performance following cathodal tDCS, at least within the context of face and object perception and memory tasks.

Furthermore, a meta-analysis by Jacobson et al. (2012) on tDCS studies supports this notion, indicating that while most stimulations align with the pattern described by Stagg and Nitsche (2011) in the motor domain, cathodal stimulation in the cognitive domain is unlikely to diminish cognitive function. This is attributed to compensatory processes within the neural networks involved in cognitive processing, which mitigate potential inhibitory effects.

Occipital Face Area (OFA), Fusiform Gyrus (FG), and Fusiform Face Area (FFA)

Among the selected studies, one focused exclusively on the effects of anodal tDCS on the occipital face area (OFA) (Renzi et al., 2015), another on the fusiform face area (FFA) (Brunyé et al., 2017), and two examined the effects on both areas (OFA and FFA) (Kho et al., 2023a; Yang et al., 2014). Ishai (2008) asserts that, although the OFA and FFA interact, they are anatomically and functionally dissociated. This is evidenced by patients with OFA lesions who still exhibit FFA activation (Rossion et al., 2003). Therefore, it is important to investigate the effects of tDCS on these regions separately.

In their 2015 study, Renzi et al. explored holistic face processing through two distinct tasks: the Mooney faces task, which evaluates face detection, and the Composite faces task, which assesses face discrimination. Both tasks are designed to probe the holistic processing of faces. In the second experiment, participants were tasked with identifying both Mooney faces and Mooney objects. This approach was employed to examine the selectivity of the OFA specifically for facial recognition, distinguishing it from the processing of other object types. They found that anodal tDCS interfered with the detection of both Mooney faces and Mooney objects. However, this stimulation did not impact the holistic processing mechanisms involved in distinguishing faces, as assessed by the Composite faces task. Specifically, they noted that the OFA played a role in detecting faces under degraded conditions, where the facial signal must be discerned from a noisy background. Therefore, their findings do not support the idea that the OFA is involved in holistic integration during face discrimination processes. This aligns with the findings of Kho et al. (2023a), who did not observe an effect of the OFA on the recognition of facial features or whole faces in a holistic manner.

With respect to the FFA, Kho et al. (2023a) noted that tDCS applied to this region enhanced the efficiency of facial feature recognition. This finding is consistent with fMRI studies which demonstrated increased involvement of the FFA in the processing of facial features (e.g. Dachille et al., 2012, and Liu et al., 2010). Brunyé et al. (2017) study is consistent with the findings of Yang et al. (2014), which indicated that the application of 1.5mA tDCS to the FFA has a positive effect on working memory task performance, but this effect is only observed with facial stimuli. Grill-Spector et al. (2004) claim that these findings support the idea that the right fusiform gyrus has functional specialization for working memory only for facial stimuli, whereas the same effect is not observed for objects.

Furthermore, Brunyé et al. (2017) showed that the application of 1.5mA tDCS to the FFA positively affects working memory task performance, but this enhancement was specific to facial stimuli. Grill-Spector et al. (2004) argue that these findings support the notion that the right fusiform gyrus is functionally specialized for working memory involving facial stimuli, a specialization not observed for objects.

Right Temporoparietal Area and Anterior Temporal Lobe (Right and Left)

Payne and Tsakiris (2017) observed that anodal stimulation over the right temporoparietal area (CP6) altered participants' ability to distinguish between self and others. Their findings suggest that anodal tDCS-induced modulation in this region decrease self-recognition.

In a clinical context, Papagno et al. (2021) conducted the only study involving patients with unilateral tumors in the anterior temporal lobe. They evaluated false alarms during the recognition of famous people by face and voice after tDCS over the anterior temporal lobe (right and left) compared to healthy participants. The study found that patients with right temporal tumors exhibited a significantly higher number of false alarms in both facial and vocal familiarity tasks. However, anodal tDCS over the right temporal lobe significantly improved discrimination for voices only. This finding supports previous studies emphasizing that visual information related to faces is processed by a network including the OFA and FFA, while associative processes, such as voice recognition for person identification, are more closely linked to the anterior temporal lobes (Hoffman & Haxby, 2000; George et al., 1999).

Study Relevance

The review explores the effects of transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on facial recognition. The findings emphasize that tDCS can affect face processing, particularly in areas such as attention, holistic processing, working memory, and the inversion effect, depending on the protocol used. The study highlights the roles of various brain regions in facial recognition, including the left dorsolateral prefrontal cortex, right occipital cortex, right fusiform gyrus, occipital face area, fusiform face area, and the anterior temporal lobe.

Here, we provide a comprehensive and detailed analysis of the methodological quality of the included studies, assessed using the PEDro scale. Of the 19 studies reviewed,

14 were of moderate methodological quality, while 5 were of high quality. As a result, the conclusions are drawn from mixed evidence, with an overall moderate level of confidence. However, the conclusions derived from the high-quality studies carry greater reliability. This consideration is particularly relevant for researchers and healthcare professionals who aim to evaluate the clinical applications of tDCS, such as in the rehabilitation of patients with impairments in facial identity recognition.

CONCLUSION

This review critically examines transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) as a method for modulating facial processing. By targeting specific brain regions and assessing their effects on face recognition, the study highlights its potential to enhance understanding of cognitive processes related to facial identity and explore treatment possibilities. However, the effectiveness of tDCS is notably variable, largely dependent on the protocols employed. This variability underscores the need for further research to refine intervention strategies and optimize the therapeutic outcomes of tDCS use in clinical settings.

REFERENCES

- Alizadehgoradel, J., Nejati, V., Sadeghi Movahed, F., Imani, S., Taherifard, M., Mosayebi-Samani, M., Vicario, C. M., Nitsche, M. A., & Salehinejad, M. A. (2020). Repeated stimulation of the dorsolateral-prefrontal cortex improves executive dysfunctions and craving in drug addiction: a randomized, double-blind, parallel-group study. *Brain Stimulation*, 13(3), 582–593. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2019.12.028>
- Barbieri, M., Negrini, M., Nitsche, M. A., & Rivolta, D. (2016). Anodal-tDCS over the human right occipital cortex enhances the perception and memory of both faces and objects. *Neuropsychologia*, 81, 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.12.030>

- Baron-Cohen, S., Ring, H. A., Wheelwright, S., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Simmons, A., & Williams, S. C. (1999). Social intelligence in the normal and autistic brain: an fMRI study. *The European journal of neuroscience*, *11*(6), 1891–1898. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.1999.00621.x>
- Beaton, D. E., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. B. (2000). Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine*, *25*(24), 3186–3191. <https://doi.org/10.1097/00007632-200012150-00014>
- Bentin, S., Degutis, J. M., D'Esposito, M., & Robertson, L. C. (2007). Too many trees to see the forest: performance, event-related potential, and functional magnetic resonance imaging manifestations of integrative congenital prosopagnosia. *Journal of cognitive neuroscience*, *19*(1), 132–146. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.1.132>
- Bikson, M., Datta, A., & Elwassif, M. (2009). Establishing safety limits for transcranial direct current stimulation. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *120*(6), 1033–1034. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.03.018>
- Boggio, P. S., Zaghi, S., & Fregni, F. (2009). Modulation of emotions associated with images of human pain using anodal transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuropsychologia*, *47*(1), 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.07.022>
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, *77* (Pt 3), 305–327. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1986.tb02199.x>

- Brunyé, T. T., Moran, J. M., Holmes, A., Mahoney, C. R., & Taylor, H. A. (2017). Non-invasive brain stimulation targeting the right fusiform gyrus selectively increases working memory for faces. *Brain and cognition*, *113*, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.01.006>
- Civile, C., McLaren, R., Forrest, C., Cooke, A., & McLaren, I. P. L. (2023). Modulating perceptual learning indexed by the face inversion effect: Simulating the application of transcranial direct current stimulation using the MKM model. *Journal of experimental psychology. Animal learning and cognition*, *49*(3), 139–150. <https://doi.org/10.1037/xan0000358>
- Civile, C., & McLaren, I. P. L. (2022). Transcranial direct current stimulation (tDCS) eliminates the other-race effect (ORE) indexed by the face inversion effect for own versus other-race faces. *Scientific reports*, *12*(1), 12958. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17294-w>
- Civile, C., McLaren, R., & McLaren, I. P. L. (2018). How we can change your mind: Anodal tDCS to Fp3 alters human stimulus representation and learning. *Neuropsychologia*, *119*, 241–246. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.08.019>
- Civile, C., McLaren, R., Milton, F., & McLaren, I. P. L. (2021a). The effects of transcranial direct current stimulation on perceptual learning for upright faces and its role in the composite face effect. *Journal of experimental psychology. Animal learning and cognition*, *47*(1), 74–90. <https://doi.org/10.1037/xan0000274>

- Civile, C., Obhi, S. S., & McLaren, I. P. L. (2019). The role of experience-based perceptual learning in the face inversion effect. *Vision research*, 157, 84–88.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2018.02.010>
- Civile, C., Quaglia, S., Waguri, E., Ward, M., McLaren, R., & McLaren, I. P. L. (2021b). Using transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to investigate why faces are and are not special. *Scientific reports*, 11(1), 4380.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-83844-3>
- Civile, C., Verbruggen, F., McLaren, R., Zhao, D., Ku, Y., & McLaren, I. P. L. (2016). Switching off perceptual learning: Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) at Fp3 eliminates perceptual learning in humans. *Journal of experimental psychology. Animal learning and cognition*, 42(3), 290–296.
<https://doi.org/10.1037/xan0000107>
- Civile, C., Waguri, E., Quaglia, S., Wooster, B., Curtis, A., McLaren, R., Lavric, A., & McLaren, I. P. L. (2020). Testing the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on the face inversion effect and the N170 event-related potentials (ERPs) component. *Neuropsychologia*, 143, 107470.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107470>
- Comparelli, A., Corigliano, V., De Carolis, A., Mancinelli, I., Trovini, G., Ottavi, G., Dehning, J., Tatarelli, R., Brugnoli, R., & Girardi, P. (2013). Emotion recognition impairment is present early and is stable throughout the course of schizophrenia. *Schizophrenia research*, 143(1), 65–69.
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2012.11.005>

- Corrow, S. L., Dalrymple, K. A., & Barton, J. J. (2016). Prosopagnosia: current perspectives. *Eye and Brain*, 8, 165–175. <https://doi.org/10.2147/EB.S92838>
- Costantino, A. I., Titoni, M., Bossi, F., Premoli, I., Nitsche, M. A., & Rivolta, D. (2017). Preliminary Evidence of "Other-Race Effect"-Like Behavior Induced by Cathodal-tDCS over the Right Occipital Cortex, in the Absence of Overall Effects on Face/Object Processing. *Frontiers in neuroscience*, 11, 661. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00661>
- Dachille, L. R., Gold, J.M., James, T.W. (2012). *The response of face-selective cortex with single face parts and part combinations*. *Neuropsychologia*, 50, (10), 2454–2459. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.06.016>
- DaSilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., & Fregni, F. (2011). Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation. *Journal of visualized experiments: JoVE*, 51, 2744. <https://doi.org/10.3791/2744>
- Davies, G., Ellis, H., & Shepherd, J. (1977). Cue saliency in faces as assessed by the ‘Photofit’ technique. *Perception*, 6, 263–269. <https://doi.org/10.1068/p060263>
- Dedoncker, J., Brunoni, A. R., Baeken, C., & Vanderhasselt, M. A. (2016). The effect of the interval-between-sessions on prefrontal transcranial direct current stimulation (tDCS) on cognitive outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Journal of neural transmission (Vienna, Austria: 1996)*, 123(10), 1159–1172. <https://doi.org/10.1007/s00702-016-1558-x>
- Dilks, D. D., Julian, J. B., Paunov, A. M., & Kanwisher, N. (2013). The occipital place area is causally and selectively involved in scene perception. *The Journal of*

- neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 33(4), 1331–6a. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4081-12.2013>
- Downing, P. E., Chan, A. W., Peelen, M. V., Dodds, C. M., & Kanwisher, N. (2006). *Domain specificity in visual cortex*. *Cerebral cortex*, 16(10), 1453–1461. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhj086>
- Duchaine, B. C., Parker, H., & Nakayama, K. (2003). *Normal recognition of emotion in a prosopagnosic*. *Perception*, 32(7), 827–838. <https://doi.org/10.1068/p5067>
- Elmer, S., Burkard, M., Renz, B., Meyer, M., & Jancke, L. (2009). Direct current induced short-term modulation of the left dorsolateral prefrontal cortex while learning auditory presented nouns. *Behavioral and brain functions: BBF*, 5, 29. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-5-29>
- Etcoff, N. L. (1984) *Selective attention to facial identity and facial emotion*. *Neuropsychologia*, 22, 281–295. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(84\)90075-7](https://doi.org/10.1016/0028-3932(84)90075-7)
- Galvão, T. F., Pansani, T. D. S. A., & Harrad, D. (2015). Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 24, 335-342. <http://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>
- George, N., Dolan, R. J., Fink, G. R., Baylis, G. C., Russell, C., & Driver, J. (1999). Contrast polarity and face recognition in the human fusiform gyrus. *Nature neuroscience*, 2(6), 574–580. <https://doi.org/10.1038/9230>
- Grill-Spector, K., Knouf, N., & Kanwisher, N. (2004). The fusiform face area subserves face perception, not generic within-category identification. *Nature Neuroscience*, 7(5), 555–562. <http://dx.doi.org/10.1038/nn1224>

- Grill-Spector, K., Sayres, R., & Ress, D. (2006). High-resolution imaging reveals highly selective nonface clusters in the fusiform face area. *Nature neuroscience*, 9(9), 1177–1185. <https://doi.org/10.1038/nn1745>
- Hara, T., Shanmugalingam, A., McIntyre, A., & Burhan, A. M. (2021). The Effect of Non-Invasive Brain Stimulation (NIBS) on Attention and Memory Function in Stroke Rehabilitation Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 11(2), 227. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11020227>
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in cognitive sciences*, 4(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01482-0)
- Hoffman, E. A., & Haxby, J. V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature neuroscience*, 3(1), 80–84. <https://doi.org/10.1038/711532>
- Ishai A. (2008). Let's face it: it's a cortical network. *NeuroImage*, 40(2), 415–419. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.040>
- Jacobson, L., Koslowsky, M., & Lavidor, M. (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. *Experimental brain research*, 216(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2891-9>
- Jenkins, R., Dowsett, A. J., & Burton, A. M. (2018). How many faces do people know?. *Proceedings. Biological sciences*, 285(1888), 20181319. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1319>

- Jeon, S. Y., & Han, S. J. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. *Annals of rehabilitation medicine*, 36(5), 585–595. <https://doi.org/10.5535/arm.2012.36.5.585>
- Katsoulaki, M., Kastrinis, A., & Tsekoura, M. (2017). The Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory. *Advances in experimental medicine and biology*, 987, 283–289. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57379-3_25
- Khan, A., Yuan, K., Bao, S. C., Ti, C. H. E., Tariq, A., Anjum, N., & Tong, R. K. (2022). Can Transcranial Electrical Stimulation Facilitate Post-stroke Cognitive Rehabilitation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in rehabilitation sciences*, 3, 795737. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.795737>
- Kho, S. K., Keeble, D. R. T., Wong, H. K., & Estudillo, A. J. (2023a). Investigating the role of the fusiform face area and occipital face area using multifocal transcranial direct current stimulation. *Neuropsychologia*, 189, 108663. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108663>
- Kho, S. K., Keeble, D., Wong, H. K., & Estudillo, A. J. (2023b). Null effect of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation (tDCS) on own- and other-race face recognition. *Social neuroscience*, 18(6), 393–406. <https://doi.org/10.1080/17470919.2023.2263924>
- Lieberman M. D. (2007). Social cognitive neuroscience: a review of core processes. *Annual review of psychology*, 58, 259–289. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085654>

- Liu, J., Harris, A., & Kanwisher, N. (2010). Perception of face parts and face configurations: an fMRI study. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(1), 203–211. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21203>
- Nejati, V., Khorrami, A. S., & Fonoudi, M. (2022). Neuromodulation of facial emotion recognition in health and disease: A systematic review. *Neurophysiologie clinique = Clinical neurophysiology*, 52(3), 183–201. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2022.03.005>
- Nejati, V., Movahed Alavi, M., & Nitsche, M. A. (2021). The Impact of Attention Deficit-hyperactivity Disorder Symptom Severity on the Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Inhibitory Control. *Neuroscience*, 466, 248–257. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.05.008>
- Nejati, V., Salehinejad, M. A., & Nitsche, M. A. (2018). Interaction of the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex (l-DLPFC) and Right Orbitofrontal Cortex (OFC) in Hot and Cold Executive Functions: Evidence from Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). *Neuroscience*, 369, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.10.042>
- Nejati, V., Salehinejad, M. A., Nitsche, M. A., Najian, A., & Javadi, A. H. (2020). Transcranial Direct Current Stimulation Improves Executive Dysfunctions in ADHD: Implications for Inhibitory Control, Interference Control, Working Memory, and Cognitive Flexibility. *Journal of attention disorders*, 24(13), 1928–1943. <https://doi.org/10.1177/1087054717730611>
- Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., Hummel, F., Boggio, P. S., Fregni, F., & Pascual-Leone, A. (2008).

- Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain stimulation*, 1(3), 206–223. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2008.06.004>
- Ohn, S. H., Park, C. I., Yoo, W. K., Ko, M. H., Choi, K. P., Kim, G. M., Lee, Y. T., & Kim, Y. H. (2008). Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. *Neuroreport*, 19(1), 43–47. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f2adfd>
- Papagno, C., Pisoni, A., & Gainotti, G. (2021). False alarms during recognition of famous people from faces and voices in patients with unilateral temporal lobe resection and normal participants tested after anodal tDCS over the left or right ATL. *Neuropsychologia*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107926>
- Passarelli, M., Masini, M., Chiorri, C., Nurcis, A., Daini, R., & Bracco, F. (2022). *Implicit evidence on the dissociation of identity and emotion recognition. Cognitive Processing*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10339-021-01061-2>
- Payne, S., & Tsakiris, M. (2017). Anodal transcranial direct current stimulation of right temporoparietal area inhibits self-recognition. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.3758/s13415-016-0461-0>
- Plewnia, C., Zwissler, B., Längst, I., Maurer, B., Giel, K., & Krüger, R. (2013). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on executive functions: influence of COMT Val/Met polymorphism. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 49(7), 1801–1807. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.11.002>

- Polania, R., Nitsche, M., & Ruff, C. (2018). Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation. *Nat Neurosci*, 21, 87-174. <https://doi.org/10.1038/s41593-017-0054-4>
- Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1998). Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 18(6), 2188–2199. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.18-06-02188.1998>
- Renzi, C., Ferrari, C., Schiavi, S., Pisoni, A., Papagno, C., Vecchi, T., Antal, A., & Cattaneo, Z. (2015). The role of the occipital face area in holistic processing involved in face detection and discrimination: A tDCS study. *Neuropsychology*, 29(3), 409–416. <https://doi.org/10.1037/neu0000127>
- Rivolta, D., Palermo, R., Schmalzl, L., & Williams, M. A. (2012). Investigating the features of the m170 in congenital prosopagnosia. *Frontiers in human neuroscience*, 6, 45. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00045>
- Rossion, B. (2008). Picture- inversion leads to qualitative changes of face perception. *Acta Psychologica*, 128, 274-289. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.actpsy.2008.02.003>
- Rossion, B. (2013). The composite face illusion: A whole window into our understanding of holistic face perception. *Visual Cognition*, 21(2), 139-253. <https://doi.org/10.1080/13506285.2013.772929>
- Rossion, B., Caldara, R., Seghier, M., Schuller, A.M., Lazeyras, F., & Mayer, E. (2003). A network of occipito-temporal face-sensitive areas besides the right middle

fusiform gyrus is necessary for normal face processing. *Brain* 126 (11), 2381–2395. <https://doi.org/10.1093/brain/awg241>

Rossion B. (2022) ^a. *Twenty years of investigation with the case of prosopagnosia PS to understand human face identity recognition. Part I: Function.* *Neuropsychologia*, 173, 108278. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108278>

Rossion B. (2022) ^b. *Twenty years of investigation with the case of prosopagnosia PS to understand human face identity recognition. Part II: Neural basis.* *Neuropsychologia*, 173, 108279. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108279>

Sadr, J., Jarudi, I., & Sinha, P. (2003). The role of eyebrows in face recognition. *Perception*, 32, 285–293. <https://doi.org/10.1068/p5027>

Salehinejad, M. A., Ghanavai, E., Rostami, R., & Nejati, V. (2017). Cognitive control dysfunction in emotion dysregulation and psychopathology of major depression (MD): Evidence from transcranial brain stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). *Journal of affective disorders*, 210, 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.12.036>

Sellal, F. (2022). Anatomical and neurophysiological basis of face recognition. *Revue neurologique*, 178(7), 649–653. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2021.11.002>

Sergent, J., Ohta, S., & MacDonald, B. (1992). Functional neuroanatomy of face and object processing. A positron emission tomography study. *Brain: a journal of neurology*, 115 Pt 1, 15–36. <https://doi.org/10.1093/brain/115.1.15>

- Simion, F., Leo, I., Turati, C., Valenza, E., & Dalla Barba, B. (2007). How face specialization emerges in the first months of life. *Progress in brain research*, 164, 169–185. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64009-6](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64009-6)
- Smirni, D., Turriziani, P., Mangano, G. R., Cipolotti, L., & Oliveri, M. (2015). Modulating Memory Performance in Healthy Subjects with Transcranial Direct Current Stimulation Over the Right Dorsolateral Prefrontal Cortex. *PloS one*, 10(12), e0144838. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144838>
- Soltaninejad, Z., Nejati, V., & Ekhtiari, H. (2019). Effect of Anodal and Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation on DLPFC on Modulation of Inhibitory Control in ADHD. *Journal of attention disorders*, 23(4), 325–332. <https://doi.org/10.1177/1087054715618792>
- Souza, W. C. D., Feitosa, M. Â. G., Eifuku, S., Tamura, R., & Ono, T. (2008). Face perception in its neurobiological and social context. *Psychology & Neuroscience*, 1, 15-20. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2008.1.003>
- Stagg, C. J., & Nitsche, M. A. (2011). Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *The Neuroscientist*, 17(1), 37-53. <http://doi.org/10.1177/1073858410386614>
- Surguladze, S., Brammer, M. J., Keedwell, P., Giampietro, V., Young, A. W., Travis, M. J., Williams, S. C., & Phillips, M. L. (2005). A differential pattern of neural response toward sad versus happy facial expressions in major depressive disorder. *Biological psychiatry*, 57(3), 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.10.028>

- Tanaka, J. W., & Farah, M. (1993). Parts and wholes in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46, 225-245.
<https://doi.org/10.1080/14640749308401045>
- Thair, H., Holloway, A. L., Newport, R., & Smith, A. D. (2017). Transcranial direct current stimulation (tDCS): a beginner's guide for design and implementation. *Frontiers in neuroscience*, 11, 641. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00641>
- Tremblay, S., Lepage, J. F., Latulipe-Loiselle, A., Fregni, F., Pascual-Leone, A., & Théoret, H. (2014). The uncertain outcome of prefrontal tDCS. *Brain stimulation*, 7(6), 773–783. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.10.003>
- Van Belle, G., Busigny, T., Lefèvre, P., Joubert, S., Felician, O., Gentile, F., & Rossion, B. (2011). Impairment of holistic face perception following right occipito-temporal damage in prosopagnosia: converging evidence from gaze-contingency. *Neuropsychologia*, 49(11), 3145–3150.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.07.010>
- Westwood, S. J., & Romani, C. (2018). Null Effects on Working Memory and Verbal Fluency Tasks When Applying Anodal tDCS to the Inferior Frontal Gyrus of Healthy Participants. *Frontiers in neuroscience*, 12, 166.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00166>
- Willis, M. L., Costantino, A. I., Nitsche, M. A., Palermo, R., & Rivolta, D. (2019). Anodal tDCS and High-Frequency tRNS Targeting the Occipitotemporal Cortex Do Not Always Enhance Face Perception. *Frontiers in neuroscience*, 13, 78.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00078>

- Yang, L. Z., Zhang, W., Shi, B., Yang, Z., Wei, Z., Gu, F., Zhang, J., Cui, G., Liu, Y., Zhou, Y., Zhang, X., & Rao, H. (2014). Electrical stimulation over bilateral occipito-temporal regions reduces N170 in the right hemisphere and the composite face effect. *PloS one*, 9(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115772>
- Young, A. W., Hellawell, D., & Hay, D. C. (1987). Configurational information in face perception. *Perception*, 16(6), 747–759. <https://doi.org/10.1068/p1607477>
- Young, A. W., Newcombe, F., de Haan, E. H., Small, M., & Hay, D. C. (1993). Face perception after brain injury. Selective impairments affecting identity and expression. *Brain: a journal of neurology*, 116 (Pt 4), 941–959. <https://doi.org/10.1093/brain/116.4.941>

CAPÍTULO IV: EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO RECONHECIMENTO DE IDENTIDADE E EMOÇÕES FACIAIS APÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL: UM ESTUDO RANDOMIZADO CONTROLADO POR PLACEBO

Artigo será submetido em periódicos classificados entre A1 – B1 (Qualis quadriênio 2017 - 2020), ou fator de impacto ≥ 1.00 (Web of Science platform - Clarivate)

Title: Effects of transcranial direct current stimulation on identity recognition and facial emotions after stroke: a randomized placebo-controlled study

Aline Miranda de Vasconcelos¹, José Aldecyano Lino Gomes¹, Nelson Torro-Alves¹.

¹Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil;

Corresponding author: Aline Miranda de Vasconcelos. Campus I Lot. University City, João Pessoa - PB, 58051-900; alinemvasconcelos@gmail.com

Title: Effects of transcranial direct current stimulation on identity recognition and facial emotions after stroke: a randomized placebo-controlled study

Authors: Aline Miranda de Vasconcelos¹, José Aldecyano Lino Gomes¹, Nelson Torro-Alves¹.

Affiliations: ¹Federal University of Paraiba.

Running Head: Facial Expression Recognition and Facial Identity Recognition and tDCS and Stroke

Email address and contact details of corresponding author: Aline Miranda de Vasconcelos. Campus I Lot. University City, João Pessoa - PB, 58051-900; alinemvasconcelos@gmail.com

RESUMO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacitação neurológica, podendo prejudicar o reconhecimento de identidade e emoções faciais. No presente estudo, avaliou-se os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) no giro fusiforme sobre as capacidades de reconhecimento facial (identidade e emoção facial) em pacientes pós-AVC, seguindo um protocolo de estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. A amostra foi composta por 30 participantes pós-AVC divididos em três grupos igualmente: lesão no hemisfério direito com ETCC ativa, lesão no hemisfério esquerdo com ETCC ativa e lesão no hemisfério direito com ETCC placebo. A estimulação foi direcionada ao giro fusiforme, com intensidade de 1,5 mA por 20 minutos. Os participantes realizaram tarefas de reconhecimento de identidade e emoções faciais antes e durante a intervenção. A tarefa de identidade, incluía duas etapas: percepção, que envolvia identificar uma face alvo entre opções distratoras, e memória, onde os participantes reconheciam uma face alvo previamente apresentada entre estímulos com diferentes expressões faciais. Na tarefa de reconhecimento de emoções, o participante identificava a emoção correspondente a face alvo. A ETCC melhorou significativamente o reconhecimento de identidade facial na etapa de percepção nos grupos com estimulação ativa, especialmente no grupo com lesão no hemisfério esquerdo. Não foram observadas mudanças significativas no reconhecimento de emoções faciais em nenhum grupo. Os resultados reforçam o papel específico do giro fusiforme no reconhecimento de identidade facial, enquanto o processamento emocional parece depender de redes neurais mais amplas. A ETCC mostrou-se promissora para a reabilitação cognitiva pós-AVC, mas estudos futuros devem investigar protocolos que integrem outras áreas cerebrais para potencializar a recuperação emocional.

Palavras-chave: Giro Fusiforme, Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua, Reconhecimento de Emoção Facial, Reconhecimento de Identidade Facial, AVC Isquêmico.

ABSTRACT

Stroke is one of the leading causes of neurological disability, and can impair facial identity and emotion recognition. The present study evaluated the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) over the fusiform gyrus on facial recognition abilities (identity and facial emotion) in post-stroke patients, following a randomized, double-blind, placebo-controlled study protocol. The sample consisted of 30 post-stroke participants divided into three equal groups: right hemisphere lesion with active tDCS, left hemisphere lesion with active tDCS, and right hemisphere lesion with placebo tDCS. Stimulation was targeted to the fusiform gyrus, with an intensity of 1.5 mA for 20 minutes. Participants performed facial identity and emotion recognition tasks before and during the intervention. The identity task included two stages: perception, which involved identifying a target face among distractor options, and memory, where participants recognized a previously presented target face among stimuli with different facial expressions. In the emotion recognition task, the participant identified the emotion corresponding to the target face. tDCS significantly improved facial identity recognition in the perception stage in the groups with active stimulation, especially in the group with left hemisphere lesion. No significant changes were observed in facial emotion recognition in any group. The results reinforce the specific role of the fusiform gyrus in facial identity recognition, while emotional processing seems to depend on broader neural networks. tDCS showed promise

for post-stroke cognitive rehabilitation, but future studies should investigate protocols that integrate other brain areas to potentiate emotional recovery.

Keywords: Fusiform Gyrus, Transcranial Direct Current Stimulation, Facial Emotion Recognition, Facial Identity Recognition, Ischemic Stroke

INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacitação neurológica no Brasil, com uma estimativa de 232 a 344 mil novos casos por ano (DATASUS, 2023). Estudos mostram que lesões em áreas como o hipocampo, o córtex pré-frontal medial, o córtex cingulado e a substância branca contribuem para o comprometimento cognitivo após o AVC (Sun et al., 2014; Khan et al., 2022).

Entre os déficits cognitivos mais debilitantes, destacam-se os prejuízos no reconhecimento facial, que incluem tanto o reconhecimento de identidade quanto a percepção de emoções. Esses déficits afetam a comunicação, dificultam a reintegração social e impactam significativamente a qualidade de vida dos pacientes (Khan et al., 2022; Yuvaraj et al., 2013; Souza et al., 2008).

Desta forma, o reconhecimento facial é crucial para interpretar emoções e contextos sociais. Por exemplo, ele permite identificar se alguém está feliz ou triste em uma conversa casual, ou se suas palavras devem ser entendidas literalmente ou com ironia (Heerey, 2015; Bernardino et al., 2020). Quando essa habilidade é prejudicada, interpretações inadequadas das emoções podem interromper o fluxo da comunicação, gerar desconforto e levar a julgamentos sociais equivocados. Isso, por sua vez, pode causar respostas emocionais negativas exacerbadas (Alves et al., 2012; Goldin et al., 2009).

Além disso, fatores como ansiedade, comum após o AVC, e ansiedade social podem agravar esses déficits, interferindo na percepção e reconhecimento de emoções faciais (Rafsten et al., 2018; Torro-Alves et al., 2016). Em relação às expressões faciais, a literatura identifica seis emoções básicas (alegria, surpresa, nojo, medo, raiva e tristeza), que são universalmente reconhecidas (Ekman, 1970; Ekman & Friesen, 1971), embora possam variar em função de alguns fatores como a idade, por exemplo (Ruffman et al., 2008).

Ainda que seja possível observar uma melhoria na função cognitiva e motora nos três primeiros meses após o AVC, cerca de 20% dos pacientes ainda apresentam algum grau

de comprometimento nessas funções (Kwakkel et al., 2006; Ullberg et al., 2015). A literatura disponibiliza de algumas possibilidades terapêuticas para a melhora do desempenho cognitivo, especificamente voltadas para o processamento do reconhecimento facial, como a aprendizagem perceptual que se caracteriza como uma prática extensiva de uma tarefa perceptual que pode melhorar as funções do reconhecimento (Lu et al., 2016; Sasaki et al., 2012) e as técnicas de estimulação cerebral não invasivas (Wu et al., 2020).

Estudos como de Bi et al. (2010) e McMahon e Leopold (2012) confirmam o benefício da aprendizagem perceptual através de bons resultados na melhora da percepção facial por meio da técnica. Todavia, Wu et al. (2021) destacam que esse método é demorado, pois exige várias tentativas de prática ao longo de dias/ semanas para se notar, de fato, alguma melhora significativa.

Em contra partida, a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), tem ganhado destaque, devido ao seu baixo custo, portabilidade e viabilidade (Turski et al., 2017). Considerada uma técnica cerebral não invasiva que melhora o desempenho perceptual (Wu et al., 2020), essa abordagem oferece muitas vantagens, incluindo a redução do tempo necessário para o treinamento, maior potencial de melhorias e benefícios mais duradouros (Sczesny-Kaiser et al., 2016). Além disso, a ETCC pode contribuir para analisar a causalidade entre uma determinada área cortical e suas funções correspondentes (Wu et al., 2021).

Como abordagem neuromodulatória, a ETCC atua através da despolarização ou hiperpolarização dos potenciais de membrana neuronal (Paulus, 2003). Na maioria dos estudos, a intensidade da corrente varia entre 1,0 a 2,0 mA (Jacobson et al., 2012) e o efeito da ETCC irá depender da polaridade do eletrodo, sendo o eletrodo anódico responsável por aumentar a excitabilidade cortical, enquanto o eletrodo catódico a diminui. Além disso, outra questão importante a ser considerada, a depender da hipótese e da tarefa, é a identificação dos locais para a estimulação (Nitsche & Paulus, 2000).

Desta forma, buscando compreender melhor o processamento facial para identificar a melhor área para estimulação, evidências mostram que o sistema central para o processamento de faces inclui a área facial fusiforme (localizada no giro fusiforme lateral), o giro occipital inferior (área occipital facial) e o sulco temporal superior (Fox et al., 2009; Gobbini & Haxby, 2007; Haxby et al., 2000). Além disso, classificam a área facial fusiforme, como a principal área envolvida na identificação de faces (Corrow et al., 2016;

Haxby et al., 2000; Rotshtein et al., 2005), enquanto o sulco temporal superior estaria mais relacionado aos aspectos dinâmicos da face, como as emoções faciais (Andrews & Ewbank, 2004), corroborando ao modelo de Bruce e Young (1986) que propõe que o processamento de faces envolve um conjunto de processos amplamente distintos para o reconhecimento individual e percepção do estado emocional (De Souza et al., 2024).

No entanto, existem outras evidências que apontam para a interdependência desses domínios (Lander & Butcher, 2015), pois embora alguns pesquisadores tenham documentado sobre a importância do sulco temporal superior no reconhecimento das emoções (Allison et al., 2000; Fox et al., 2011), outros estudos demonstraram que a área facial fusiforme estaria envolvida no processamento das expressões faciais (Ganel et al., 2005; Pujol et al., 2009). Em estudos de neuroimagem com pacientes saudáveis, por exemplo, foi possível observar uma resposta mais intensa na área facial fusiforme para as faces emocionais em comparação com as faces neutras (Furl et al., 2013; Kawasaki et al., 2012). Além disso, também foi registrado respostas intracranianas da área facial fusiforme enquanto pacientes visualizavam expressões faciais estáticas e dinâmicas (Kawasaki et al., 2012).

Assim, de acordo com Kho et al. (2023), essa região deve ser explorada por mais estudos para melhor compreender a função dessa área e os processos visuais que a definem. Além disso, dificuldades no reconhecimento facial tendem a não ser considerados tão críticos quanto aos outros prejuízos comumente encontrados em pacientes pós-AVC (como por exemplo, comprometimento na função motora) (Cousins, 2013). Entretanto, a incapacidade em reconhecer faces pode criar experiências sociais traumáticas, que podem gerar ansiedade crônica, sentimentos de embaraço e culpa, bem como uma rede social limitada, e a busca por métodos de reabilitação e recuperação dessas funções torna-se crucial (Corrow et al., 2016).

Resultados preliminares deste estudo indicaram que a ETCC anódica no giro fusiforme é eficaz para melhorar o reconhecimento de identidade facial na etapa de percepção em pacientes com lesão no hemisfério direito e, principalmente, no hemisfério esquerdo. Contudo, o mesmo efeito não foi observado para o reconhecimento de emoções faciais, com resultados mostrando ausência de diferenças significativas entre e intragrupos. Esses achados destacam a complexidade das redes neurais envolvidas no reconhecimento

emocional, que podem depender de vias adicionais ou de mecanismos não diretamente modulados pela estimulação no giro fusiforme (Sorger et al., 2007; Rossion et al., 2003).

Desta forma, o ineditismo deste trabalho foi investigar o potencial do giro fusiforme — tradicionalmente associado ao reconhecimento de identidade facial — para modular dois domínios do reconhecimento facial em pacientes pós-AVC. Essa abordagem permitiu explorar não apenas a especificidade funcional dessa região, mas também sua possível interdependência com outras estruturas envolvidas no processamento emocional. Além disso, a escolha do giro fusiforme como área-alvo é fundamentada por sua relevância em estudos anteriores e pela necessidade de expandir o uso da ETCC para domínios que vão além da reabilitação motora, foco predominante em populações pós-AVC (Chen et al., 2021; Sun et al., 2021).

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da ETCC no giro fusiforme sobre o reconhecimento de identidade e emoções faciais em pacientes pós-AVC. A principal hipótese foi que a ETCC no giro fusiforme teria um efeito mais significativo no reconhecimento de identidade facial do que no reconhecimento de emoções faciais. Além disso, esperava-se que o desempenho nos testes de reconhecimento de identidade e emoções faciais fosse superior no grupo que recebeu ETCC ativa em comparação ao grupo que recebeu ETCC simulada (placebo).

Ao integrar esses dois domínios em um único protocolo de intervenção, este trabalho visou não apenas preencher lacunas importantes na literatura, mas também propor estratégias de reabilitação mais amplas e eficazes para pacientes que enfrentam dificuldades sociais e emocionais decorrentes do AVC.

MÉTODO

Caracterização do Estudo

Trata-se de um ensaio clínico duplo-cego, randomizado, controlado por placebo, do tipo experimental de efeito agudo com medidas repetidas e condições paralelas, realizado no município de João Pessoa – PB com participantes diagnosticados com AVC isquêmico.

Participantes

A amostra do estudo foi por conveniência, de caráter não probabilístico, totalizando 42 indivíduos recrutados para o estudo, porém apenas 30 atenderam e/ou

concluíram a avaliação (Figura 1). A captação dos participantes foi realizada através de meios informativos - no Hospital Metropolitano Dom José Maria Pires, na clínica escola de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba e por indicação de médicos e profissionais da área da saúde do município de João Pessoa-PB - e em *websites*.

Aspectos Éticos

O Projeto foi submetido à avaliação e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (CAAE: 67565323.0.0000.5188/ parecer nº 6.044.123) e pela Secretária de Saúde de João Pessoa (Anexo A). Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando sua participação e a publicação dos resultados do estudo (Apêndice A). Respeitou-se a autonomia e anonimato dos participantes, conforme rege a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Também foram respeitados os princípios éticos expressos na Declaração de Helsinque. Seguiram-se os critérios das Normas consolidadas de relatórios de ensaios – CONSORT. A coleta de dados ocorreu entre junho/2023 e agosto/2024.

Critérios de elegibilidade

Foram considerados elegíveis para o estudo, os participantes com idade entre 30 a 85 anos, com diagnóstico de AVC do tipo isquêmico, comprovado através de laudo médico e/ou exames de imagem, que não tinham histórico de epilepsia, gravidez, implantes cocleares ou metálicos localizado na cabeça, problemas no couro cabeludo que impossibilitasse o uso de eletrodos, ou participantes que apresentassem quadro de afasia grave que impedisse a realização da avaliação dos instrumentos do estudo.

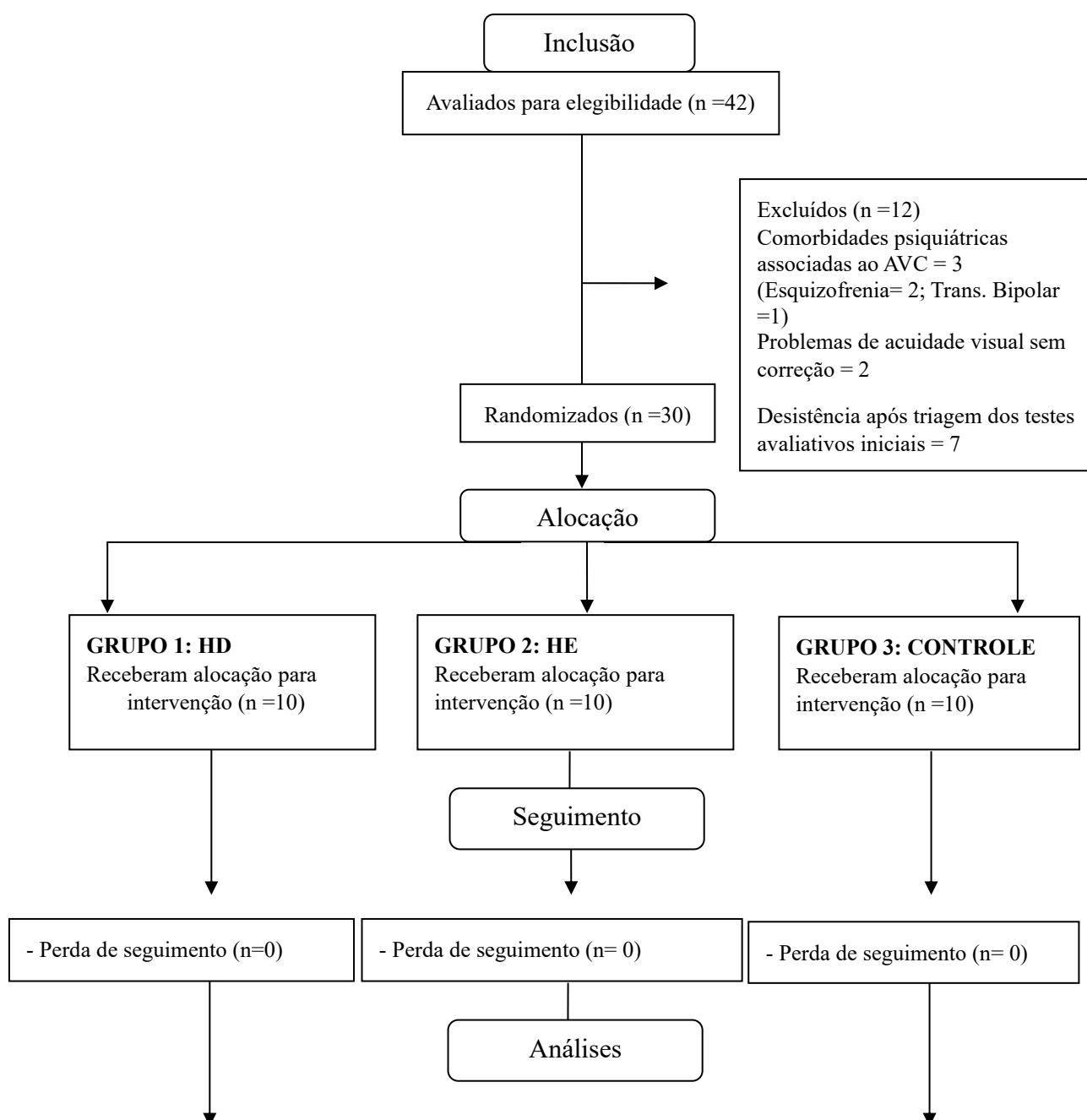
Os critérios de exclusão foram apresentar comorbidades psiquiátricas diagnosticadas associadas ao AVC (ex. Esquizofrenia e Transtorno Afetivo Bipolar), problemas de acuidade visual sem correção ou desistência após a triagem dos instrumentos avaliativos iniciais (Questionário sociodemográfico, Self- Reporting Questionnaire, Mini-exame do Estado Mental e o Inventário de dominância lateral de Edimburgo).

Grupos de Estudo

Os participantes foram alocados aleatoriamente ao grupo ativo ou placebo. O Grupo (1) HD: Participantes com lesão no hemisfério direito, estimulação anódica sobre a região do giro fusiforme direito (PO10) e catódica sobre a região supraorbital esquerda

(FP1). Grupo (2) HE: Participantes com lesão no hemisfério esquerdo, estimulação anódica sobre a região do giro fusiforme esquerdo (PO9) e catódica sobre a região supraorbital direita (FP2). Grupo (3) Controle: Participantes com lesão no hemisfério direito, com estimulação do tipo simulada (placebo), seguindo o protocolo do Grupo (1).

Em relação ao cegamento, foi utilizado um colaborador independente da pesquisa para fazer a randomização para os códigos dos dois grupos: ativo e placebo. Esses códigos foram separados em dois grupos, nomeados aleatoriamente como grupo A e B, e repassados para a avaliadora que não tinha conhecimento de qual grupo era o ativo ou placebo. A ocultação também foi estendida aos pacientes, que não tinham conhecimento do grupo de alocação. Para verificar o poder do cegamento, ao finalizar a sessão, os participantes foram questionados se receberam a corrente ativa ou placebo.



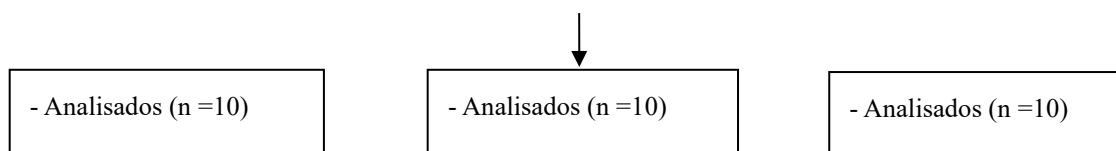


Figura 1. Fluxograma do CONSORT demonstrando o delineamento dos grupos do estudo.

Parâmetros da Estimulação

A estimulação foi realizada com um ETCC portátil (*MicroEstim BW02010*, fabricante *NKL*) usando um par de eletrodos de esponja de superfície (7cm x 5cm, ou seja, 35 cm²) embebidos em soro fisiológico (NaCl 0,9%) e aplicados no couro cabeludo nas áreas-alvo de estimulação.

Foi adotado um design de aplicação de ETCC offline-online, com um dos eletrodos (ânodo) posicionado sobre a área de estimulação-alvo (PO10) para o grupo com lesão do lado direito do cérebro ou (PO9) para o grupo com lesão do lado esquerdo do cérebro e o outro (cátodo) na testa sobre a área de referência (acima da sobrancelha esquerda - FP1 ou direita - FP2, a depender do grupo) (Figura 2). Os locais de estimulação foram escolhidos com base no estudo de Brunyé et al. (2017).

Na condição anodal, uma estimulação de corrente contínua de 1,5mA foi administrada por 20 minutos, com *ramp-up* (aumento de intensidade) de 30 segundos no início e *ramp-down* (uma diminuição de intensidade) de 30 segundos no final. No grupo controle, o modo de estimulação idêntico era exibido no estimulador e os sujeitos experimentavam o mesmo período de *ramp-up* e *ramp-down*, mas com uma intensidade de estimulação de 1,5mA entregue por apenas 30 segundos. De acordo com Nitsche et al. (2011), esse tempo breve de estimulação não altera a excitabilidade cortical.

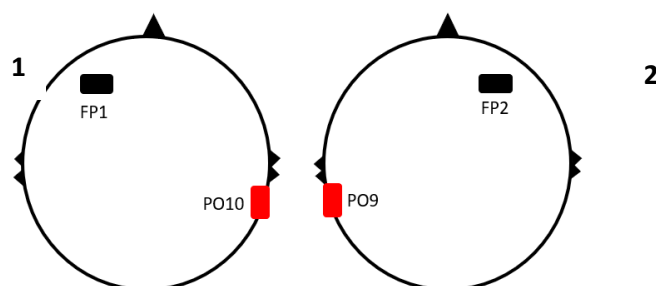


Figura 2. Posicionamento dos eletrodos. (1) Para lesão no hemisfério direito: estimulação anódica da região do giro fusiforme (PO10) e catódica na região supraorbital (FP1). (2)

Para lesão no hemisfério esquerdo: estimulação anódica da região do giro fusiforme (PO9) e catódica na região supraorbital.

Tarefa Comportamental: Teste para o reconhecimento da identidade facial

O teste apresentava 2 etapas: percepção e memória. Antes de cada etapa era apresentado sua instrução e seu respectivo treinamento (com os mesmos estímulos apresentados posteriormente no teste, porém as respostas do treinamento não foram contabilizadas). A primeira etapa (percepção) é dividida em 2 fases.

A primeira fase, envolvia a identificação de uma face alvo neutra, entre 5 opções de faces distratoras com a mesma expressão facial (por exemplo, alegria). Ao final dessa fase, o participante recebia a instrução de um intervalo de 30 segundos, e logo após, os participantes realizam a segunda fase, na qual deveriam identificar a face alvo com uma expressão facial (por exemplo, medo) entre 5 opções de faces distratoras neutras. Novamente, ao final da avaliação, o participante recebia uma nova instrução de um intervalo de 30 segundos.

Por fim, a etapa da memória, os participantes foram apresentados à face alvo neutra, no centro da tela, por um período de 3 segundos, seguido por um ponto de fixação de 1 segundo. Em seguida, foram apresentadas cinco faces distratoras com variação de expressões faciais (alegria, tristeza, raiva, medo e surpresa), e os participantes deveriam identificar a face distratora que corresponde à face alvo neutra anteriormente apresentada (Figura 3).

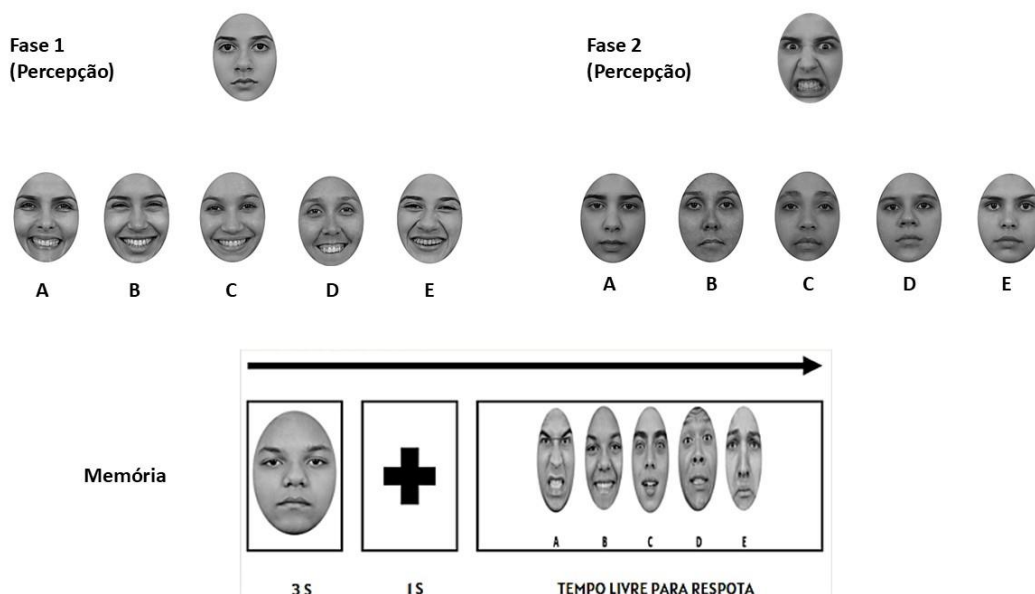


Figura 3. Teste de Reconhecimento de Identidade Facial. Fase 1 (Percepção - identidade): apresentação de face alvo neutra e faces distratoras com mudanças nas expressões para o reconhecimento de identidade facial. Fase 2 (Percepção - identidade): apresentação de face alvo com mudanças nas expressões e faces distratoras neutras para o reconhecimento de identidade facial. Memória – identidade: apresentação de uma face alvo (3 segundos), seguido por uma tela de fixação (1 segundo) e uma sequência de faces (A-E) com variações nas expressões para a identificação da face alvo.

Ao total, o teste para reconhecimento da identidade facial envolvia a avaliação de 30 estímulos, divididos igualmente entre faces femininas e masculinas, com os participantes apertando ou citando a letra correspondente à face alvo. No geral, o teste durava por volta de 10 min quando realizado pela primeira vez e 07-08 minutos na reavaliação.

Tarefa Comportamental: Teste para o reconhecimento da emoção facial

O teste consistiu em instruções sobre a tarefa, treinamento (com os mesmos estímulos que serão apresentados posteriormente no teste, porém as respostas do treinamento não foram contabilizadas) e o teste para reconhecimento da emoção facial. O teste durava por volta de 05 minutos quando realizado pela primeira vez e 02-03 minutos na reavaliação.

O tarefa envolvia a identificação da emoção facial em que a face alvo é apresentada acima e as 5 opções dos nomes das emoções faciais são apresentadas abaixo. O teste de reconhecimento da emoção facial foi composto por 20 estímulos, divididos

igualmente entre faces femininas e masculinas, com os participantes apertando ou citando a letra correspondente à emoção facial da face-alvo (Figura 4).



Figura 4. Teste para o reconhecimento de emoção facial. Identificação de emoções faciais a partir de cinco opções: alegria, tristeza, medo, raiva e surpresa.

Materiais

O estudo utilizou um conjunto de 5 imagens de rostos masculinos e 5 imagens de rostos femininos, retiradas do banco de faces “*LACOP Facial Expression Database*” e editadas no estudo de Vasconcelos (2018) que utilizou o programa *Adobe Photoshop CS3 Extended*, para deixar o rosto com o formato oval, para evitar que o participante tivesse acesso a detalhes como a vestimenta e o cabelo. Além disso, também foram retirados sinais, manchas, bigode e/ou barba. Posteriormente, as faces foram padronizadas em tons cinza em um fundo branco, editados pelo programa *Adobe Photoshop Lightroom*.

Os estímulos foram apresentados com uma resolução de 3456 x 5184 pixels e o experimento foi conduzido utilizando o programa E-prime (*versão 3.0 - Psychology Software Tools*) em um computador Dell Inspiron 5458, com processador Intel Core i5 e um teclado adaptado pela pesquisadora para facilitar a resposta dos participantes. Durante o procedimento, os participantes estavam sentados acerca de aproximadamente 60 cm de distância da tela na qual as imagens foram apresentadas.

Em relação ao teclado (*Microsoft*), as teclas “A D, G, J e L” foram escolhidas por estarem em uma disposição mais central do equipamento. Sobre de cada tecla escolhida, foi posicionado um adesivo colorido para destacar em relação as demais. Além disso, todo

o teclado que foi coberto com fita isolante preta, exceto a tecla “espaço” que também ficou em destaque com um adesivo da cor branca com os dizeres: “APERTE PARA PASSAR”.

Sobre a tecla A, foi posicionado um adesivo na cor verde com a descrição “A”, na tecla D, um adesivo rosa com a descrição “B”, na tecla G, um adesivo azul com a descrição “C”, na tecla J, um adesivo laranja com a descrição “D”, e na tecla L, um adesivo roxo com a descrição “E”. Porém, se mesmo com a adaptação do teclado, o indivíduo não conseguisse responder, a pesquisadora pressionava a tecla escolhida pelo participante.

Avaliações e Procedimento

Os procedimentos foram aplicados no laboratório de Neurociências Social localizado na Universidade Federal da Paraíba, das 8h às 16h, de acordo com a disponibilidade dos participantes e da pesquisadora. A ordem da sessão foi a mesma para os três grupos.

Inicialmente, foram aplicados os instrumentos avaliativos: Questionário sociodemográfico, Self- Reporting Questionnaire (SRQ-20) para rastreamento de transtornos não-psicóticos (Husain, Creed, & Tomenson, 2000), Mini-exame do Estado Mental (MEEM) para avaliação da função cognitiva e o rastreamento de quadros demenciais (Folstein, Folstein & McHugh, 1975) e o Inventário de dominância lateral de Edimburgo utilizado para avaliar a lateralidade (preferência de usar uma mão mais que a outra) (Oldfield, 1971). Logo após, o participante foi orientado a responder o teste comportamental para o reconhecimento da identidade e emoções faciais em um computador Dell Inspiron 5458, com processador Intel Core i5.

Ao finalizar o teste, o avaliador posicionava a ETCC na área de estimulação, configura os parâmetros e o equipamento era ligado. Durante os 10 minutos iniciais de estimulação da ETCC (design offline), o participante respondeu ao Modified National Institute of Health Stroke Scale (mNIHSS), ferramenta usada para quantificar o comprometimento causado pelo AVC (Vizzi et al., 2020) e Escala de depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos (CES-D) que foi utilizada para medir os níveis atuais de sintomas de depressão (Radloff, 1977).

Por fim, durante os 10 minutos finais da estimulação da ETCC (design online), o participante foi orientado a responder novamente ao teste comportamental para o reconhecimento de identidade e emoções faciais. Ao final, o participante foi questionado

sobre quando a sensação da estimulação da ETCC começou, o local (se atrás da orelha ou acima da sobrancelha) e qual estímulo ele acreditava ter recebido (ativo ou placebo). Todo o procedimento durou aproximadamente 58 minutos. A figura 5 resume o passo a passo do procedimento realizado.

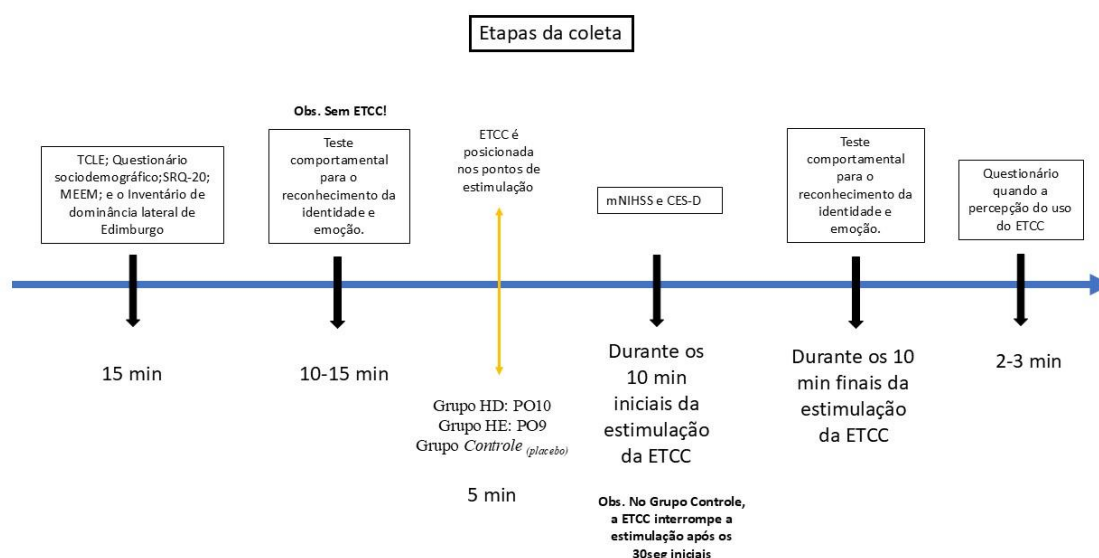


Figura 5. Sequência das etapas da coleta. TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. SQR-20: Self- Reporting Questionnaire. MEEM: Mini-exame do Estado Mental. ETCC: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua. HD: Hemisfério Direito. HE: Hemisfério Esquerdo. PO10: estimulação anodal no giro fusiforme direito. PO9: estimulação anodal no giro fusiforme esquerdo. mNIHSS: Modified National Institute of Health Stroke Scale. CES-D: Escala de depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos.

Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software *IBM SPSS versão 24*. Primeiramente, foram feitas as análises descritivas, através de medidas de tendência central e dispersão, com o intuito de caracterizar a amostra. O teste de Shapiro-Wilk indicou a não normalidade da distribuição dos dados, sendo, portanto, aplicadas análises estatísticas não paramétricas.

Para avaliar as diferenças intra e intergrupos (HD, HE e controle) nas etapas do teste de reconhecimento facial (pré e pós-ETCC), utilizou-se o teste de Wilcoxon para comparações intragrupo e o teste de Kruskal-Wallis para comparações entre grupos. Além

disso, foi calculado o tamanho do efeito intragrupos utilizando “*d*” de Cohen para medida da magnitude das alterações em cada grupo (foi considerado pequeno: $d = 0,20$; moderado: $d = 0,50$; grande: $d = 0,80$) (Cohen, 2013).

Também foram realizados os testes de Wilcoxon e Kruskal-Wallis para avaliar o desempenho no reconhecimento das emoções faciais (alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza) entre os momentos pré e pós-ETCC. O tamanho do efeito foi novamente calculado para identificar a magnitude das alterações intragrupo em cada emoção.

Adicionalmente, a correlação de Spearman foi utilizada para investigar associações entre os resultados dos testes avaliativos (SQR-20, CES-D, MEEM e NIHSS) e o reconhecimento das emoções faciais (pré-ETCC), bem como entre os dados sociodemográficos, clínicos e os escores de reconhecimento de identidade e emoção facial (pré-ETCC). O nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 30 participantes divididos em três grupos igualmente: HD, HE e Controle. A distribuição de sexo mostrou predomínio masculino nos grupos HD (70%) e HE (80%), enquanto o grupo Controle apresentou maioria feminina (60%). As médias de idade foram semelhantes entre os grupos, variando entre $52,1 \pm 11,30$ e $59,3 \pm 13,86$ anos. A maior parte da amostra foi composta por indivíduos pardos, casados (50% em cada grupo) e com diversidade em nível de escolaridade, sendo o ensino médio completo o mais frequente (Tabela 1).

Tabela 1. Perfil sociodemográfico por grupo.

Perfil sociodemográfico da amostra	HD (n=10)	HE (n=10)	CONTROLE (n=10)
Sexo (%)			
Masculino	70	80	40
Feminino	30	20	60
Idade (M±SD)	57,2 ± 11,83	59,3 ± 13,86	52,1 ± 11,30
Raça (%)			
Parda	40	90	60
Negra	50	0	40
Branca	10	10	0
Estado civil (%)			
Solteiro(a)	30	40	30
Casado(a)	50	50	50

Viúvo(a)	10	0	0
Divorciado(a)	10	10	20

Escolaridade (%)

Analfabeto	0	0	10
Médio incompleto	30	30	20
Médio completo	40	20	30
Graduação incompleta	10	20	10
Graduação completa	10	20	30
Pós-graduação	10	10	10

Legenda: Os dados são apresentados em (%): porcentagem, M(SD): Média (Desvio Padrão).

O tempo de lesão foi predominantemente crônico em todos os grupos (80%). Observou-se maior proporção de destros em todos os grupos. A maioria dos participantes apresentou comprometimento visual. Os escores médios de SQR20 indicaram maior queixa somática no grupo Controle ($10,80 \pm 6,35$). Em relação ao MEEM, os grupos HD e Controle apresentaram médias similares, enquanto o grupo HE obteve pontuação ligeiramente inferior ($19,05 \pm 8,36$). Já no mNIHSS, o grupo HE têm maior comprometimento neurológico ($3,80 \pm 3,79$) em comparação ao grupo HD e ao grupo Controle (Tabela 2).

Tabela 2. Dados Clínicos por grupo.

Dados Clínicos	HD (n=10)	HE (n=10)	CONTROLE (n=10)
Tempo de Lesão (%)			
Subagudo	20	20	20
Crônico	80	80	80
Mão Dominante (%)			
Destro	80	100	100
Canhoto	20	0	0
Comprometimento visual (%)			
Não	10	20	10
Sim	90	80	90
Inventário de Dominância (%)			
Ambidestro	0	10	0
Destro	70	60	100
Canhoto	30	30	0
SQR20 M(SD)	5,30 (3,43)	6,30 (4,85)	10,80 (6,35)
CES_D M(SD)	13,20 (9,13)	15,10 (14,7)	27,90 (18,12)
MEEM M(SD)	22,65 (4,75)	19,05 (8,36)	23,61 (4,38)
mNIHSS M(SD)	1,60 (2,75)	3,80 (3,79)	1,10 (1,28)

Legenda: Os dados são apresentados em (%): porcentagem, M(SD): Média (Desvio Padrão). SQR-20: Self-Reporting Questionnaire. MEEM: Mini-exame do Estado Mental. mNIHSS: Modified National Institute of Health Stroke Scale. CES-D: Escala de depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos.

As análises não-paramétricas de Wilcoxon apontam uma melhora significativa no desempenho do grupo HD no teste de percepção de identidade facial ($Z = -2,537$; $p < 0,05$; $d = 0,38$), porém com um tamanho de efeito pequeno, diferentemente do grupo HE que também apresentou melhora significativa na mesma tarefa ($Z = -2,106$; $p < 0,05$; $d = 1,97$), mas com tamanho de efeito grande. No grupo controle, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$).

No teste de memória facial, embora a diferença pré e pós-ETCC no grupo HD não tenha atingido significância estatística, o tamanho de efeito foi moderado ($d = 0,54$), sugerindo uma tendência positiva que pode ser clinicamente relevante. Já nos grupos HE e controle, não foram observadas diferenças significativas nem tamanhos de efeito relevantes.

As comparações entre grupos realizadas com o teste de Kruskal-Wallis não indicaram diferenças significativas no reconhecimento de identidade facial (percepção e memória) e no reconhecimento de emoções ($p > 0,05$). Além disso, as análises de Wilcoxon para comparações intra-grupo, no teste de reconhecimento de emoções faciais também não mostraram mudanças estatisticamente significativas e os tamanhos de efeito foram baixos ou ausentes (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados das análises estatísticas não-paramétricas de Kruskal-Wallis e Wilcoxon aplicadas ao teste de reconhecimento de identidade e emoções faciais.

	Grupo	Pré-ETCC % M (EP)	Pós-ETCC % M (EP)	Wilcoxon (entre os tempos)	<i>d</i>
Teste de Identidade (Percepção)	HD	45,5 (9,0)	55,5 (7,4)	$p = 0,01$	0,38
	HE	42,0 (5,1)	54,0 (7,0)	$p = 0,03$	1,97
	CONTROLE	43,5 (7,3)	46,5 (6,0)	$p = 0,34$	0,45
	Kruskal-Wallis (entre os grupos)	$p = 0,93$	$p = 0,76$		
Teste de Identidade (Memória)	HD	16,0 (2,9)	21,0 (3,1)	$p = 0,07$	0,54
	HE	18,5 (2,5)	17,0 (3,4)	$p = 0,71$	-0,16
	CONTROLE	18,5 (3,7)	19,5 (3,6)	$p = 0,66$	0,09
	Kruskal-Wallis (entre os grupos)	$p = 0,75$	$p = 0,68$		

	HD	56,5 (3,2)	60,0 (2,5)	$p = 0,30$	0,39
Teste de					
Emoção	HE	57,0 (3,5)	58,0 (3,2)	$p = 0,66$	0,10
Facial	CONTROLE	61,0 (2,65)	56,5 (3,5)	$p = 0,16$	-0,47
	Kruskal-Wallis (entre os grupos)	$p = 0,68$	$p = 0,57$		

Legenda: os dados foram apresentados em função de média e erro padrão. Para o tamanho do efeito (d) foi considerado pequeno (entre 0,2 e 0,49), moderado (entre 0,5 e 0,79) e grande (a partir de 0,8). Os valores de d em negrito são os considerados relevantes para esse estudo. Os valores de p em *itálico* são significativos em $p < 0,05$. No teste não paramétrico Kruskal-Wallis foi possível observar que não houve diferença significativas entre grupos ($p > 0,05$), porém no teste não paramétrico de Wilcoxon observa-se uma diferença significativa no pré e pós-ETCC, nos grupos HD e HE no teste de identidade – Percepção ($p < 0,05$).

Para mais, os resultados apresentados na Figura 6 ilustram os efeitos distintos da ETCC no reconhecimento facial, que variam de acordo com o tipo de tarefa e o grupo avaliado, conforme evidenciado pelas análises do teste de Wilcoxon.

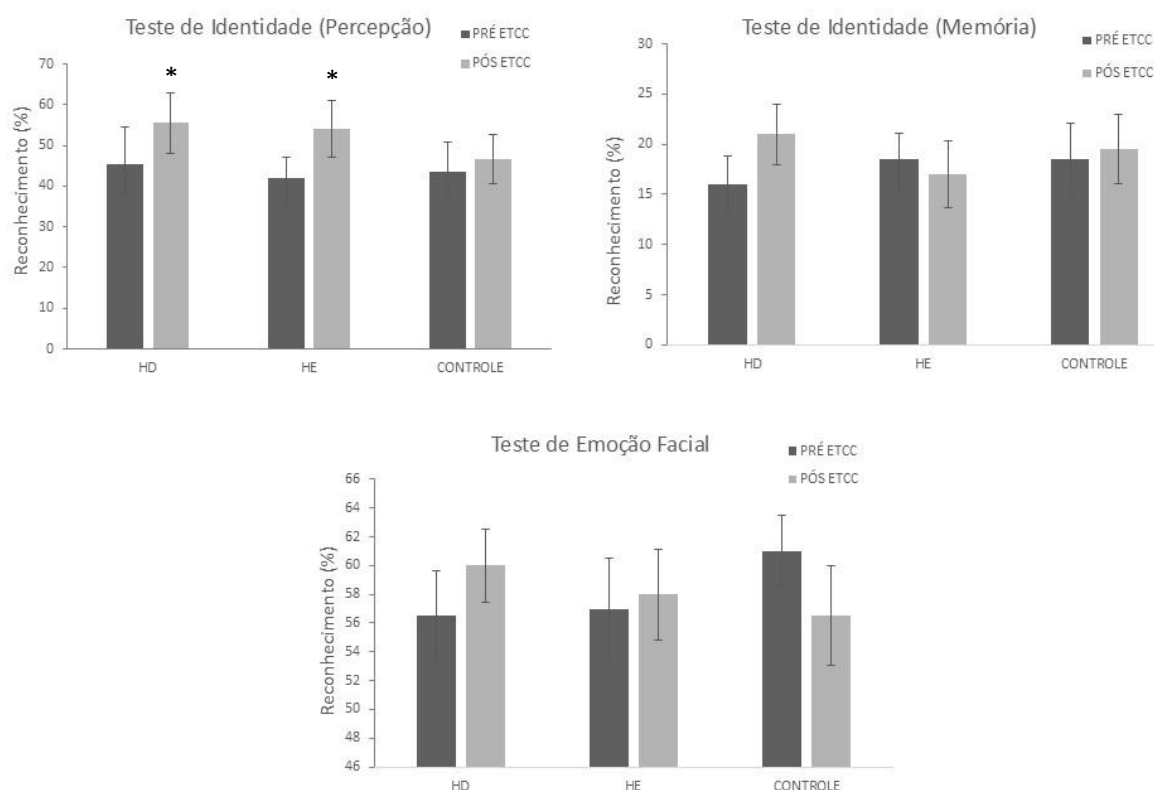


Figura 6. Efeitos da ETCC no reconhecimento da identidade facial e emoção facial. Os dados foram apresentados em função de média e erro padrão. O teste não paramétrico de Wilcoxon demonstrou que no teste de identidade (percepção), os grupos HD e HE apresentaram os melhores desempenho pós-ETCC em comparação com pré-ETCC. Os valores destacados com * são significativos em $p < 0,05$.

De forma semelhante, os resultados das análises estatísticas não-paramétricas não evidenciaram diferenças significativas no reconhecimento das emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza, entre os momentos pré e pós-ETCC, tanto dentro de cada grupo (Wilcoxon, $p > 0,05$) quanto entre os grupos (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

Além disso, a maioria dos tamanhos de efeito calculados foram pequenos. Por exemplo, no reconhecimento de alegria, o grupo HD apresentou valores médios de desempenho (pré: $92,5\% \pm 5,3$; pós: $97,5\% \pm 2,4$; $d = 0,38$), mas o valor de $p > 0,05$, indica que a diferença não foi estatisticamente relevante. Entretanto é possível observar que no grupo HE, embora a diferença pré e pós-ETCC na tristeza não tenha atingido significância estatística, o tamanho de efeito foi moderado ($d = 0,54$), assim como para o grupo controle, em relação a emoção surpresa, o tamanho de efeito foi moderado e negativo ($d = -0,66$) sugerindo uma tendência que pode ser clinicamente relevante (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados das análises estatísticas não-paramétricas de Kruskal-Wallis e Wilcoxon aplicadas ao reconhecimento das emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza.

Emoção Facial	Grupo	Pré-ETCC % M (EP)	Pós-ETCC % M (EP)	Wilcoxon (entre os tempos)	<i>d</i>
Alegria	HD	92,5 (5,3)	97,5 (2,4)	$p = 0,41$	0,38
	HE	97,5 (2,4)	95 (4,9)	$p = 0,65$	-0,20
	CONTROLE	95 (3,3)	95 (3,3)	$p = 1,00$	0
	Kruskal-Wallis (entre os grupos)	$p = 0,77$	$p = 0,79$		
Medo	HD	32,5 (7,5)	30 (7,2)	$p = 0,73$	-0,11
	HE	32,5 (8,3)	30 (7,2)	$p = 0,73$	-0,10
	CONTROLE	40 (9,2)	37,5 (6,7)	$p = 0,65$	-0,09
	Kruskal-Wallis (entre os grupos)	$p = 0,79$	$p = 0,57$		
Raiva	HD	45 (4,9)	47,5 (2,4)	$p = 0,65$	0,20
	HE	47,5 (2,4)	47,5 (2,4)	$p = 1,00$	0
	CONTROLE	50 (0)	50 (0)	$p = 1,00$	0
	Kruskal-Wallis (entre os grupos)	$p = 0,59$	$p = 0,59$		

Surpresa	HD	72,5 (7,8)	77,5 (8,7)	p=0,60	0,19
	HE	57,5 (12,3)	60 (8,4)	p=0,78	0,07
	CONTROLE	67,5 (5,3)	50 (10,5)	p=0,14	-0,66
	Kruskal-Wallis				
	(entre os grupos)	p=0,67	p=0,13		
Tristeza	HD	40 (6,6)	45 (4,9)	p=0,31	0,27
	HE	50 (3,7)	57,5 (5,3)	p=0,18	0,54
	CONTROLE	52,2 (6,9)	45 (4,9)	p=0,46	-0,39
	Kruskal-Wallis				
	(entre os grupos)	p=0,37	p=0,16		

Legenda: os dados foram apresentados em função de média e erro padrão. Para o tamanho do efeito (*d*) foi considerado pequeno (entre 0,2 e 0,49), moderado (entre 0,5 e 0,79) e grande (a partir de 0,8). Os valores de *d* em negrito são considerados moderado. Os valores de *p* são significativos em $p < 0,05$. No teste não paramétrico Kruskal-Wallis e Wilcoxon não houve diferenças significativas entre e intra grupos para o reconhecimento das emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza ($p > 0,05$).

A Figura 7 destaca os efeitos distintos da ETCC sobre o reconhecimento de emoções faciais (alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza), com resultados sustentados pelas análises do teste de Wilcoxon nos grupos estudados.

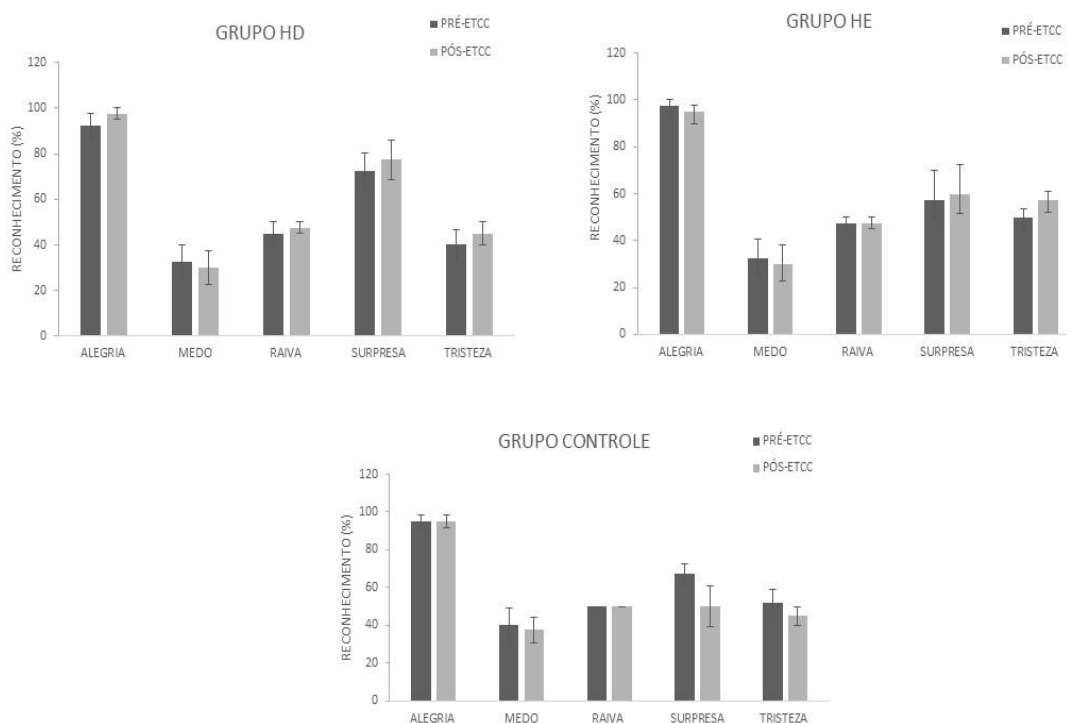


Figura 7. Efeitos da ETCC no reconhecimento das emoções alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza. Os dados foram apresentados em função de média e erro padrão. O teste não paramétrico de Wilcoxon demonstrou que não houve diferenças significativas no reconhecimento das emoções alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza na comparação antes e após a ETCC nos grupos avaliados.

As correlações de Spearman foram calculadas para investigar a relação entre o desempenho no reconhecimento de emoções faciais pré-ETCC (alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza) e os instrumentos avaliativos mNIHSS, CES-D, MEEM e SRQ-20, nos participantes em geral (N=30). Foram observadas correlações significativas entre o MEEM e as emoções alegria ($\rho = -0,398, p < 0,05$) e surpresa ($\rho = 0,364, p < 0,05$). Para os demais testes (SRQ-20, CES-D e mNIHSS), as correlações com as emoções faciais foram baixas e não significativas (Tabela 5).

Tabela 5. Correlação de Spearman para os testes avaliativos e as emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza (pré-ETCC).

N =30	Emoções Faciais				
	Alegria	Medo	Raiva	Surpresa	Tristeza
SQR20	0,271	-0,062	0,115	-0,067	0,182
CES_D	0,156	0,075	0,122	0,087	0,119
MEEM	-0,398*	0,211	0,021	0,364*	0,161
NIHSS	0,001	-0,294	-0,061	-0,356	0,017

Legenda: SQR-20: Self- Reporting Questionnaire. MEEM: Mini-exame do Estado Mental. mNIHSS: Modified National Institute of Health Stroke Scale. CES-D: Escala de depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos. * representa as correlações significativas. Os valores de p são significativos em $p < 0,05$. O MEEM apresentou uma correlação negativa com a emoção alegria, porém com a emoção surpresa a correlação foi positiva.

Além disso, em termos gerais (N=30), a correlação de Spearman entre os dados sociodemográficos, dados clínicos e os testes de identidade e emoção facial (pré-ETCC), apresentou uma correlação negativa significativa entre a idade e o desempenho no teste de identidade facial na fase de percepção ($\rho = -0,470; p < 0,05$), da mesma forma que o comprometimento visual ($\rho = -0,450; p < 0,05$), entretanto, houve uma correlação positiva entre grau de escolaridade e teste de identidade facial na fase de memória ($\rho = 0,468; p < 0,05$).

No grupo HD, observou-se correlações positivas significativas entre o tempo de lesão e o desempenho no teste de identidade na fase de memória ($\rho = 0,705; p < 0,05$), bem como entre o escore do MEEM e o teste de identidade na fase de memória ($\rho = 0,756; p < 0,05$).

0,05). Além disso, identificou-se uma correlação negativa entre a idade e o desempenho no teste de identidade na fase de percepção ($\rho = -0,636$; $p < 0,05$).

No grupo HE, a idade mostrou uma correlação negativa com o teste de identidade facial na fase de percepção ($\rho = -0,725$; $p < 0,05$), assim como o comprometimento visual, que afetou tanto a percepção ($\rho = -0,667$; $p < 0,05$) quanto a memória ($\rho = -0,667$; $p < 0,05$) de identidade facial. Por outro lado, no teste de emoção facial, os escores do MEEM correlacionaram-se positivamente ($\rho = 0,703$; $p < 0,05$). No grupo Controle, nenhuma correlação foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Correlação de Spearman para os dados sociodemográficos, dados clínicos e os testes de identidade e emoção facial (pré-ETCC).

Variáveis	Teste de Identidade (Percepção)	Teste de Identidade (Memória)	Teste de Emoção Facial
N =30			
Sexo	-0,023	0,020	0,016
Idade	-0,470*	-0,208	-0,058
Grau de Escolaridade	0,170	0,468*	0,195
Raça	0,000	-0,122	0,131
Tempo de Lesão	0,024	0,310	0,244
Comprometimento Visual	-0,450*	-0,307	-0,023
SQR20	-0,063	0,018	0,125
CES_D	-0,027	0,007	0,178
MEEM	0,058	0,219	0,330
NIHSS	-0,139	-0,283	-0,299
HD (N= 10)			
Sexo	0,268	0,308	0,039
Idade	-0,636*	-0,104	-0,426
Grau de Escolaridade	-0,134	0,398	-0,029
Raça	0,101	-0,285	0,205
Tempo de Lesão	0,307	0,705*	0,222
Comprometimento Visual	-0,293	-0,235	-0,236
SQR20	0,306	-0,167	0,056
CES_D	-0,049	-0,239	0,154
MEEM	0,551	0,756*	0,348
NIHSS	0,065	-0,353	-0,201
HE (N= 10)			
Sexo	-0,178	0,000	0,176
Idade	-0,725*	-0,285	0,220
Grau de Escolaridade	0,155	0,601	0,325
Raça	0,356	0,534	0,410
Tempo de Lesão	0,222	0,623	0,351

Comprometimento Visual	-0,667*	-0,667*	0,088
<i>SQR20</i>	-0,062	-0,136	-0,110
<i>CES_D</i>	0,100	-0,100	0,204
<i>MEEM</i>	-0,242	0,211	0,703*
<i>NIHSS</i>	0,053	-0,374	-0,548

CONTROLE (N= 10)

Sexo	-0,217	-0,149	-0,296
Idade	-0,214	-0,465	0,127
Grau de Escolaridade	0,489	0,536	0,279
Raça	-0,253	-0,224	-0,296
Tempo de Lesão	-0,399	-0,411	0,091
Comprometimento Visual	-0,414	-0,061	0,000
<i>SQR20</i>	-0,350	0,115	-0,044
<i>CES_D</i>	-0,146	0,150	-0,171
<i>MEEM</i>	0,047	-0,134	-0,483
<i>NIHSS</i>	-0,285	-0,249	-0,170

Legenda: SQR-20: Self- Reporting Questionnaire. MEEM: Mini-exame do Estado Mental. mNIHSS: Modified National Institute of Health Stroke Scale. CES-D: Escala de depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos. * representa as correlações significativas. Os valores de p são significativos em $p < 0,05$. Idade e teste de identidade (percepção) apresentaram uma correlação negativa na amostra total (n=30), no grupo HD e HE. Comprometimento visual e teste de identidade (percepção), correlação negativa na amostra total e grupo HE. Comprometimento visual e teste de identidade (memória), correlação negativa apenas para o grupo HE. MEEM e teste de identidade (memória), correlação positiva para o grupo HD. MEEM e teste de emoção facial, correlação positiva para o grupo HE. Grau de escolaridade e teste de identidade (memória), correlação positiva para amostra total e por fim, tempo de lesão e teste de identidade (memória), correlação positiva para o grupo HD.

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou os efeitos da ETCC no reconhecimento da identidade e das emoções faciais em indivíduos que sofreram AVC. Os resultados indicaram que os grupos que receberam a ETCC ativa, principalmente o grupo HE, apresentaram melhorias significativas no reconhecimento da identidade facial, especificamente na etapa de percepção, em comparação ao grupo controle, que recebeu estimulação simulada (placebo).

No grupo HD, também foi observada uma tendência de melhora no reconhecimento da identidade facial na etapa de memória, com tamanho do efeito moderado, embora sem significância estatística. Em relação ao reconhecimento das emoções faciais, não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos após a aplicação da ETCC. Isso inclui tanto a análise global do reconhecimento das emoções quanto as análises específicas para as emoções avaliadas individualmente (alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza).

Adicionalmente, foram identificadas correlações importantes entre os dados clínicos e as emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza (pré-ETCC), em que se observou correlação positiva entre o MEEM e a emoção surpresa que indica que quanto maior o score no MEEM, maior é a capacidade de reconhecer a emoção de surpresa e a correlação negativa entre o MEEM e a emoção alegria que indica que quanto menor o score no MEEM, maior é a capacidade de reconhecer a emoção de alegria.

Além disso, também analisou a correlação entre os dados clínicos e sociodemográficos, com o desempenho nos testes de reconhecimento de identidade e emoções faciais (pré-ETCC). De forma geral (n=30), constatou-se que um maior grau de escolaridade esteve associado a uma melhor capacidade de memória relacionada à identidade facial, enquanto um maior comprometimento visual prejudicou o desempenho na percepção de identidade facial.

Para mais, de maneira geral (n=30) e nos grupos HD e HE, observou-se que a idade impactou negativamente o reconhecimento de identidade facial na fase de percepção. No grupo HD, o desempenho na memória de identidade facial correlacionou-se positivamente com os escores do MEEM, indicando que maiores funções cognitivas gerais favoreceram essa habilidade. No grupo HE, os escores do MEEM também se correlacionaram positivamente com o reconhecimento de emoções faciais.

Adicionalmente, no grupo HD, quanto maior o tempo de lesão, melhor foi o desempenho na memória de identidade facial, enquanto no grupo HE, maior comprometimento visual esteve associado a pior desempenho tanto na percepção quanto na memória de identidade facial. Por outro lado, no grupo controle, nenhuma correlação significativa foi observada.

Essas descobertas são consistentes com os achados na literatura que serão apresentados e discutidos abaixo. A seguir, para facilitar a compreensão, a discussão será organizada nos seguintes tópicos: 1) Efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade facial (percepção), 2) Efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade facial (memória), 3) Efeitos da ETCC no Reconhecimento de Emoções Faciais, 4) Influência dos fatores clínicos nas emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza (pré- ETCC), 5) Influência dos fatores clínicos e sociodemográficos no desempenho do teste de identidade e emoções faciais (pré- ETCC), e 6) Limitações do estudo.

Efeitos da ETCC no Reconhecimento de Identidade Facial (Percepção)

Os resultados deste estudo evidenciaram que a ETCC anódica de 1,5 mA (durante 20 min) aplicada sobre o giro fusiforme, nos grupos HD e HE, foi eficaz na melhoria do reconhecimento de identidade facial na fase de percepção. Esses resultados sugerem que a estimulação modulou positivamente as habilidades cognitivas relacionadas ao reconhecimento da identidade facial.

Além do mais, fortalecem a compreensão do papel do giro fusiforme no processamento de informações faciais, corroborando as evidências anteriores da literatura, como aos estudos de neuroimagem de Corrow et al. (2016) e Haxby et al. (2000), que demonstraram que a ativação do giro fusiforme é aumentada durante tarefas de reconhecimento facial. Além disso, Rotshtein et al. (2005) mostraram que lesões no giro fusiforme podem levar a déficits específicos no reconhecimento de faces, evidenciando a importância dessa região para essa função.

Para mais, diferenças entre os grupos HE e HD também foram observadas. O grupo HE apresentou não apenas melhorias significativas, mas também um maior tamanho de efeito comparado ao grupo HD. Tal discrepância pode estar relacionada à especialização funcional do hemisfério direito no processamento facial, como destacado por Sorger et al. (2007), Rossion et al. (2003) e Barton et al. (2003). O hemisfério esquerdo, por outro lado, pode se beneficiar de maior plasticidade compensatória, como sugerido por Rossion et al. (2014), através do recrutamento de áreas intactas em redes neurais contralaterais e adjacentes, conforme descrito por Sergent & Signoret (1992).

Por fim, assim como observado por Barbieri et al. (2016), no presente estudo, a ETCC demonstrou ser uma técnica promissora de intervenção aguda, pois a sessão única também foi o suficiente para gerar benefícios mensuráveis no desempenho de tarefas cognitivas, como o reconhecimento da identidade facial.

Efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade facial (memória)

Em relação ao reconhecimento de identidade facial, na etapa de memória, os resultados obtidos no presente estudo revelaram que entre os grupos, embora o grupo HD apresente uma tendência de melhora, devido seu tamanho de efeito moderado, os resultados não foram estatisticamente significativos.

Esse achado corrobora a literatura que destaca o papel crítico do giro fusiforme direito no armazenamento e recuperação de memórias faciais, como destacado por Ishai et al. (2002) que indicam que o reconhecimento de identidade facial em tarefas de memória depende de uma rede neural mais ampla, que inclui não apenas o giro fusiforme, mas também regiões como os giros occipitais inferiores, o sulco temporal superior, a amígdala, o hipocampo, o precuneus, o sulco intraparietal e o giro frontal inferior. Essas áreas trabalham de forma integrada para combinar a percepção inicial de rostos com a recuperação de informações armazenadas na memória de longo prazo.

Adicionalmente, embora o presente estudo tenha aplicado a ETCC, de forma semelhante a Brunyé et al. (2017), diferenças nos resultados podem ser explicadas pelas características distintas das amostras e tarefas utilizadas. Enquanto Brunyé et al. (2017) investigaram indivíduos saudáveis, com conectividade neural intacta e maior potencial de plasticidade, este estudo analisou pacientes com lesões pós-AVC, cuja integridade funcional das redes de memória facial pode estar comprometida. Além disso, as diferenças na complexidade das tarefas e nos parâmetros de estimulação podem ter influenciado os efeitos observados, destacando a necessidade de protocolos personalizados para populações clínicas. Essas variáveis ressaltam os desafios de traduzir intervenções baseadas em neuromodulação para populações com alterações neurológicas crônicas.

Dessa forma, no presente estudo, a estimulação do giro fusiforme pode ter sido suficiente para engajar processos iniciais relacionados à percepção e à memória visual, mas insuficiente para impactar toda a rede necessária para um desempenho otimizado na memória de identidade facial. A ausência de efeitos estatisticamente significativos pode ser atribuída à falta de estimulação de regiões interconectadas, como o hipocampo e o precuneus, que desempenham papéis essenciais na recuperação e consolidação da memória facial (Ishai et al., 2002).

Efeitos da ETCC no Reconhecimento de Emoções Faciais

Os resultados deste estudo exploraram uma abordagem inovadora ao investigar o potencial do giro fusiforme para modular dois domínios do reconhecimento facial em pacientes pós-AVC: identidade e emoção facial. Enquanto a eficácia da ETCC aplicada ao giro fusiforme foi demonstrada no reconhecimento de identidade (percepção), não foram observadas melhorias no reconhecimento de emoções faciais.

Esses achados corroboram a literatura que destaca que o giro fusiforme não é isoladamente capaz de sustentar o processamento completo de emoções faciais, pois depende de uma rede neural mais ampla e diversificada, incluindo regiões como o sulco temporal superior posterior, a amígdala, o córtex pré-frontal ventromedial e dorsolateral, entre outras (Sorger et al., 2007; Rossion et al., 2003; Paiva-Silva et al., 2016).

De forma semelhante, os resultados da Tabela 4 reforçam essas evidências, pois para todas as emoções avaliadas (alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza), também não foram observadas melhorias estatisticamente significativas em nenhum grupo após a ETCC. Esses achados ressaltam que a modulação do giro fusiforme pode ser insuficiente para alcançar alterações no reconhecimento de emoções, conforme destacado por Haxby et al. (2000), que afirmam que, apesar do giro fusiforme desempenhar um papel importante no reconhecimento facial, essa região está mais associada ao processamento de características invariantes, como identidade, do que à percepção de expressões emocionais dinâmicas.

Essa afirmação está em consonância com uma revisão sistemática e meta-análise realizada por Nejati et al. (2022), que identificou que a estimulação do córtex pré-frontal dorsolateral é a região mais eficaz para melhorar o reconhecimento de emoções. Por exemplo, Brennan et al. (2017) demonstraram que a estimulação anódica do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo melhorou o reconhecimento de emoções em indivíduos saudáveis e em pacientes com depressão maior, sendo os efeitos mais pronunciados para emoções de raiva e felicidade em pacientes deprimidos. No estudo de Conson et al. (2015), a estimulação anódica do córtex pré-frontal dorsolateral direito, combinada com a estimulação catódica do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo, resultou em um reconhecimento mais rápido de emoções como medo e nojo em homens e maior precisão para todas as emoções básicas em mulheres.

Adicionalmente, Nitsche et al. (2012) destacaram que a estimulação anódica do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo combinada com a estimulação catódica do córtex pré-frontal ventromedial resultou em maior precisão e tempo de reação reduzido no reconhecimento de emoções, especialmente positivas, em indivíduos saudáveis. Estudos mais recentes, como o de Donaldson et al. (2019), mostraram que a estimulação na junção temporoparietal aumentou a precisão e reduziu o tempo de reação para o reconhecimento de expressões de medo, mas não de surpresa, em indivíduos saudáveis.

Esses achados reforçam que a ETCC pode ser eficaz na modulação do reconhecimento de emoções faciais, mas os efeitos variam de acordo com a área cortical estimulada e o tipo de emoção. Assim, os resultados do presente estudo, que mostram ausência de efeito no reconhecimento emocional, são consistentes com a literatura, reforçando que o giro fusiforme, embora essencial para o reconhecimento de identidade facial, pode não ser o foco ideal para melhorar tarefas de reconhecimento emocional.

Influência dos fatores clínicos nas emoções faciais de alegria, medo, raiva, surpresa e tristeza (pré-ETCC)

O reconhecimento emocional é um processo complexo, mediado por diversas redes neurais que interagem com as funções cognitivas (Adolphs, 2002). No presente estudo, foram observadas correlações significativas entre o desempenho no MEEM e o reconhecimento das emoções alegria e surpresa (pré-ETCC), evidenciando a interdependência entre cognição e processamento emocional. Esses achados são relevantes para compreender como diferentes níveis de função cognitiva influenciam o reconhecimento de emoções, especialmente em indivíduos que sofreram AVC.

A correlação negativa moderada entre o MEEM e a emoção alegria sugere que indivíduos com pior desempenho cognitivo tendem a apresentar um maior reconhecimento dessa emoção. Este resultado com aparente contradição, pode ser interpretado à luz da teoria de que indivíduos com comprometimento cognitivo podem priorizar ou intensificar a percepção de emoções positivas como uma forma de regulação emocional (Gross & Thompson, 2007).

Por outro lado, a correlação positiva moderada entre o MEEM e a emoção surpresa indica que indivíduos com melhor desempenho cognitivo apresentam maior capacidade de reconhecer essa emoção. De acordo com Ochsner et al. (2005), a emoção surpresa pode ser considerada mais "complexa", pois envolve interpretações rápidas de mudanças no ambiente ou na expressão facial, demandando habilidades como atenção, flexibilidade cognitiva e integração sensorial. Esse resultado está alinhado com a literatura que aponta que o processamento de emoções mais "complexas" exige maior avaliação cognitiva (Pessoa, 2008).

A diferença entre os padrões de correlação para alegria e surpresa reflete a complexidade da interação entre cognição e reconhecimento emocional. Emoções como alegria, que são mais automáticas e frequentemente associadas a respostas sociais positivas,

podem ser mais acessíveis para indivíduos com declínio cognitivo, devido à preservação de redes subcorticais (McDonald, 2017). Por outro lado, emoções que exigem maior processamento cognitivo, como surpresa, dependem mais de funções cognitivas preservadas e da integração de informações mais complexas, associadas às regiões corticais (Ochsner et al., 2005).

Influência dos fatores clínicos e sociodemográficos no desempenho do teste de identidade e emoções faciais (pré-ETCC)

Os resultados das análises de correlação de Spearman evidenciaram que fatores clínicos, como idade, comprometimento visual, scores do MEEM e tempo de lesão, assim como variáveis sociodemográficas, como escolaridade, desempenharam um papel significativo no desempenho dos participantes nas tarefas de reconhecimento de identidade e emoções faciais (pré-ETCC). Esses achados corroboram a literatura, que destaca a influência de variáveis individuais na recuperação e desempenho cognitivo após lesões cerebrais (Hillis, 2007; Raz et al., 2005).

Especificamente, foi observado que a idade impactou negativamente o reconhecimento de identidade facial na fase de percepção, para todos os participantes e nos grupos HD e HE, sugerindo uma redução da plasticidade neural e da eficiência cognitiva com o avanço da idade. Esses achados corroboram a estudos prévios que demonstram que idosos apresentam mais dificuldades em perceber rostos em comparação a adultos jovens (Franklin & Zebrowitz, 2017; Leime et al., 2013), especialmente em situações que envolvem expressões emocionais como raiva, medo e tristeza (Yang et al., 2017).

Essas diferenças podem ser atribuídas às alterações estruturais e funcionais que ocorrem nos sistemas neurais ao longo da vida, particularmente nas regiões frontal e temporal, que têm seus volumes reduzidos durante o envelhecimento (Raz et al., 2005). Além disso, áreas cruciais para o processamento facial, como o córtex orbitofrontal, que está relacionado ao reconhecimento da emoção de raiva, e a amígdala, envolvida na percepção do medo e da tristeza, também sofrem modificações estruturais significativas (Lamar & Resnick, 2004; Murphy et al., 2003; Ruffman et al., 2008).

Outro fator importante foi o comprometimento visual que esteve associado a um desempenho inferior no reconhecimento de identidade facial, tanto na fase de percepção (para todos os participantes e grupo HE) quanto na memória (grupo HE), corroborando a hipótese de que déficits sensoriais podem limitar a capacidade de processamento facial,

conforme sugerido por Bruce e Young (2012). Além disso, a escolaridade se mostrou positivamente relacionada ao desempenho na memória facial dos participantes, confirmando a hipótese de que a reserva cognitiva, pode modular os efeitos de déficits neurológicos. Essa relação, amplamente discutida por Stern (2002), sugere que indivíduos com maior nível educacional podem ser mais capazes de compensar déficits neurológicos e apresentar um desempenho superior em tarefas cognitivas complexas.

De maneira semelhante, no grupo HD, o tempo de lesão apresentou uma correlação positiva com a memória de identidade facial, indicando que um período mais longo após o AVC pode permitir maior reorganização funcional e adaptação neural (Cramer et al., 2011). No grupo HE, o comprometimento visual demonstrou uma associação negativa com o desempenho tanto na percepção quanto na memória de identidade facial, destacando mais uma vez, a relevância da integridade sensorial para o processamento facial em redes neurais interdependentes (Bruce & Young, 2012).

Por fim, observou-se uma correlação positiva entre os escores do MEEM e o desempenho em tarefas de reconhecimento facial, tanto no domínio da memória de identidade facial (grupo HD) quanto no reconhecimento de emoções faciais (grupo HE). Essa relação sugere que funções cognitivas globais, como atenção, memória de trabalho e funções executivas, desempenham um papel crucial no suporte às habilidades específicas de reconhecimento facial, conforme sugerido por Bruce & Young (2012) e Haxby et al. (2000).

Além disso, Stern (2002) ressalta o conceito de reserva cognitiva, que sugere que indivíduos com maior capacidade cognitiva global, como refletido por escores mais altos no MEEM, são mais capazes de compensar déficits específicos causados por lesões cerebrais. Isso pode explicar a relação positiva entre os escores do MEEM e o desempenho nas tarefas de reconhecimento facial, especialmente em populações pós-AVC.

Esses resultados ressaltam a importância de considerar fatores clínicos e sociodemográficos ao interpretar o desempenho em tarefas de reconhecimento facial, especialmente em populações com lesões cerebrais. Além disso, eles reforçam a necessidade de intervenções personalizadas que levem em conta as características individuais dos pacientes, visando maximizar os benefícios de abordagens como a ETCC.

Limitações do Estudo

Embora os resultados deste estudo tenham trazido contribuições importantes para o entendimento dos efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade e emoções faciais em pacientes pós-AVC, algumas limitações devem ser consideradas.

Primeiramente, o tamanho da amostra foi relativamente pequeno ($n = 30$) e foi por conveniência, o que pode ter reduzido o poder estatístico para detectar diferenças mais sutis, especialmente no reconhecimento de emoções faciais. Além disso, a heterogeneidade dos participantes em termos de características clínicas, como a localização e extensão das lesões, pode ter introduzido variabilidade nos resultados, dificultando a generalização dos achados para populações com lesões cerebrais mais homogêneas. A abordagem por conveniência foi justificada pela dificuldade em recrutar um grande número de pacientes com AVC e dispostos a participar de um estudo experimental.

Outra limitação está relacionada à aplicação única da ETCC. Embora tenha sido demonstrado que uma única sessão de ETCC pode gerar efeitos mensuráveis (Barbieri et al., 2016), estudos sugerem que intervenções repetidas são mais eficazes para induzir mudanças neurofuncionais sustentáveis (Monte-Silva et al., 2013; Nitsche et al., 2008). Porém optou-se por realizar sessão única, devido à dificuldade do participante em ir até o laboratório para a coleta.

Por fim, as tarefas utilizadas para avaliação do reconhecimento de identidade e emoções faciais, podem não ter sido suficientemente sensíveis para captar mudanças sutis no desempenho, especialmente em populações clínicas. Estudos futuros poderiam incorporar medidas mais específicas ou funcionais, como neuroimagem, para avaliar mudanças na conectividade cerebral associadas à ETCC.

CONCLUSÃO

O presente estudo investigou os efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade e emoções faciais em pacientes pós-AVC. Os resultados demonstraram que a ETCC aplicada ao giro fusiforme foi eficaz para melhorar o reconhecimento de identidade facial na etapa de percepção, especialmente no grupo HE, enquanto os efeitos na memória facial apresentam uma tendência de melhora no grupo HD, mas sem significância estatística. Por outro lado, não foram observadas melhorias significativas no reconhecimento de emoções faciais, reforçando que o giro fusiforme não é o foco ideal para modulação desse domínio.

Adicionalmente, os achados destacaram a influência de fatores clínicos e sociodemográficos no desempenho, evidenciando que idade, escolaridade, tempo de lesão scores no MEEM e comprometimento visual desempenham papéis cruciais nas habilidades de reconhecimento facial em populações pós-AVC. Esses fatores ressaltam a importância de intervenções personalizadas e a necessidade de considerar variáveis individuais no planejamento de estratégias terapêuticas.

Embora o estudo tenha explorado uma abordagem inovadora ao investigar o potencial do giro fusiforme para modular dois domínios do reconhecimento facial, seus resultados sugerem que protocolos mais amplos, incluindo sessões repetidas e a combinação de alvos de estimulação, podem ser necessários para maximizar os benefícios em populações com déficits crônicos. Estudos futuros devem se concentrar na aplicação de protocolos integrados que incluam outras regiões da rede de processamento facial, bem como na utilização de medidas complementares, como neuroimagem funcional, para avaliar mudanças estruturais e funcionais associadas à ETCC.

Em suma, o presente estudo contribui para a literatura ao fornecer evidências preliminares sobre o potencial da ETCC no reconhecimento de identidade facial em pacientes pós-AVC e ao delinear as limitações e direções futuras para intervenções neuroreabilitadoras.

REFERÊNCIAS

- Allison, T., Puce, A., & McCarthy, G. (2000). Social perception from visual cues: Role of the STS region. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(7), 267–278. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01501-1](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01501-1)
- Alves, N. T., Rodrigues, M. R., Souza, I. B. M. B. de, & Sousa, J. P. M. de. (2012). Ansiedade social e atribuição de emoções a faces neutras. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 17, 129–134. <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2012000100016>

- Andrews, T. J., & Ewbank, M. P. (2004). Distinct representations for facial identity and changeable aspects of faces in the human temporal lobe. *NeuroImage*, 23(3), 905–913. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.07.060>
- Barbieri, M., Negrini, M., Nitsche, M. A., & Rivolta, D. (2016). Anodal-tDCS over the human right occipital cortex enhances the perception and memory of both faces and objects. *Neuropsychologia*, 81, 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.12.030>
- Barton, J. J. S., Cherkasova, M. V., Press, D. Z., Intriligator, J. M., & O'Connor, M. (2003). Developmental prosopagnosia: A study of three patients. *Brain and Cognition*, 51(1), 12–30. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(02\)00516-X](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(02)00516-X)
- Bernardino, L. G., de Oliveira, F. S., & de Moraes Júnior, R. (2020). O papel da emoção na percepção de tempo: uma revisão sistemática do estado da arte. *Revista Psicologia em Pesquisa*, 14(3), 206-230. <https://doi.org/10.34019/1982-1247.2020.v14.30383>
- Bi, T., Chen, N., Weng, Q., He, D., & Fang, F. (2010). Learning to discriminate face views. *Journal of Neurophysiology*, 104(6), 3305–3311. <https://doi.org/10.1152/jn.00286.2010>
- Brennan, S., McLoughlin, D. M., O'Connell, R., Bogue, J., O'Connor, S., McHugh, C., & Glennon, M. (2017). Anodal transcranial direct current stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex enhances emotion recognition in depressed patients and controls. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 39(4), 384–395. <https://doi.org/10.1080/13803395.2016.1230595>
- Bruce, V., & Young, A. W. (2012). *Face Perception*. Psychology Press.

- Brunyé, T. T., Moran, J. M., Holmes, A., Mahoney, C. R., & Taylor, H. A. (2017). Non-invasive brain stimulation targeting the right fusiform gyrus selectively increases working memory for faces. *Brain and Cognition*, *113*, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.01.006>
- Chen, J. L., Schipani, A., Schuch, C. P., Lam, H., Swardfager, W., Thiel, A., & Edwards, J. D. (2021). Does Cathodal vs. Sham Transcranial Direct Current Stimulation Over Contralesional Motor Cortex Enhance Upper Limb Motor Recovery Post-stroke? A Systematic Review and Meta-analysis. *Frontiers in neurology*, *12*, 626021. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.626021>
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. routledge. Contralesional Motor Cortex Enhance Upper Limb Motor Recovery Post-stroke? A Systematic Review and Meta-analysis. *Frontiers in Neurology*, *12*, 626021. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.626021>
- Conson, M., Errico, D., Mazzearella, E., Giordano, M., Grossi, D., & Trojano, L. (2015). Transcranial Electrical Stimulation over Dorsolateral Prefrontal Cortex Modulates Processing of Social Cognitive and Affective Information. *PloS One*, *10*(5), e0126448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126448>
- Corrow, S. L., Dalrymple, K. A., & Barton, J. J. (2016). *Prosopagnosia: current perspectives*. *Eye and Brain*, *8*, 165–175. <https://doi.org/10.2147/EB.S92838>
- Cousins, R. (2013). Prosopagnosia After Stroke: Potentials for Impairment and Treatment. *Topics in stroke rehabilitation*, *20*, 471–477. <https://doi.org/10.1310/tsr2006-471-477>.
- Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., Rumsey, J. M., Hicks, R., Cameron, J., Chen, D., Chen, W. G., Cohen, L. G.,

- deCharms, C., Duffy, C. J., Eden, G. F., Fetz, E. E., Filart, R., Freund, M., Grant, S. J., Haber, S., ... Vinogradov, S. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain: a journal of neurology*, 134(Pt 6), 1591–1609. <https://doi.org/10.1093/brain/awr039>
- DATASUS.In: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sim/cnv/obt10uf.def>. Acesso em 01/11/2023
- De Souza, W. C., Afonso, S. L. A., Ferreira, V. M., & Alves, N. T. (2024). O modelo de Bruce e Young e suas repercussões no estudo do reconhecimento de faces: uma revisão teórica: Uma revisão teórica. *Revista Psicologia em Pesquisa*, 18(3). <https://doi.org/10.34019/1982-1247.2024.v18.37301>
- Donaldson, P. H., Kirkovski, M., Rinehart, N. J., & Enticott, P. G. (2019). A double-blind HD-tDCS/EEG study examining right temporoparietal junction involvement in facial emotion processing. *Social Neuroscience*, 14(6), 681–696. <https://doi.org/10.1080/17470919.2019.1572648>
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124–129. <https://doi.org/10.1037/h0030377>
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)
- Fox, C. J., Hanif, H. M., Iaria, G., Duchaine, B. C., & Barton, J. J. S. (2011). Perceptual and anatomic patterns of selective deficits in facial identity and expression

processing. *Neuropsychologia*, 49(12), 3188–3200.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.07.018>

Fox, C. J., Iaria, G., & Barton, J. J. S. (2009). Defining the face processing network: Optimization of the functional localizer in fMRI. *Human Brain Mapping*, 30(5), 1637–1651. <https://doi.org/10.1002/hbm.20630>

Franklin, R. G., & Zebrowitz, L. A. (2017). Age Differences In Emotion Recognition: Task Demands Or Perceptual Dedifferentiation? *Experimental Aging Research*, 43(5), 453–466. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2017.1369628>

Furl, N., Henson, R. N., Friston, K. J., & Calder, A. J. (2013). Top-down control of visual responses to fear by the amygdala. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 33(44), 17435–17443. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2992-13.2013>

Ganel, T., Valyear, K. F., Goshen-Gottstein, Y., & Goodale, M. A. (2005). The involvement of the “fusiform face area” in processing facial expression. *Neuropsychologia*, 43(11), 1645–1654. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.01.012>

Gobbini, M. I., & Haxby, J. V. (2007). Neural systems for recognition of familiar faces. *Neuropsychologia*, 45(1), 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.04.015>

Goldin, P. R., Manber, T., Hakimi, S., Canli, T., & Gross, J. J. (2009). Neural bases of social anxiety disorder: Emotional reactivity and cognitive regulation during social and physical threat. *Archives of General Psychiatry*, 66(2), 170–180. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2008.525>

- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry*, 51(1), 59–67. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(01\)01330-0](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(01)01330-0)
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01482-0)
- Heerey, E. A. (2015). Decoding the Dyad: Challenges in the Study of Individual Differences in Social Behavior. *Current Directions in Psychological Science*, 24(4), 285–291. <https://doi.org/10.1177/0963721415570731>
- Hillis A. E. (2007). Aphasia: progress in the last quarter of a century. *Neurology*, 69(2), 200–213. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000265600.69385.6f>
- Husain, N., Creed, F., & Tomenson, B. (2000). Depression and social stress in Pakistan. *Psychological Medicine*, 30(2), 395–402. <https://doi.org/10.1017/s0033291700001707>
- Ishai, A., Haxby, J. V., & Ungerleider, L. G. (2002). Visual imagery of famous faces: effects of memory and attention revealed by fMRI. *NeuroImage*, 17(4), 1729–1741. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1330>
- Jacobson, L., Koslowsky, M., & Lavidor, M. (2012). *tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review*. *Experimental brain research*, 216(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2891-9>
- Khan, A., Yuan, K., Bao, S. C., Ti, C. H. E., Tariq, A., Anjum, N., & Tong, R. K. (2022). Can Transcranial Electrical Stimulation Facilitate Post-stroke Cognitive

- Rehabilitation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in rehabilitation sciences*, 3, 795737. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.795737>
- Kawasaki, H., Tsuchiya, N., Kovach, C. K., Nourski, K. V., Oya, H., Howard, M. A., & Adolphs, R. (2012). Processing of facial emotion in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(6), 1358–1370. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00175
- Kho, S. K., Keeble, D. R. T., Wong, H. K., & Estudillo, A. J. (2023). Investigating the role of the fusiform face area and occipital face area using multifocal transcranial direct current stimulation. *Neuropsychologia*, 189, 108663. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108663>
- Kwakkel, G., Kollen, B., & Twisk, J. (2006). Impact of time on improvement of outcome after stroke. *Stroke*, 37(9), 2348–2353. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000238594.91938.1e>
- Lamar, M., & Resnick, S. M. (2004). Aging and prefrontal functions: dissociating orbitofrontal and dorsolateral abilities. *Neurobiology of Aging*, 25(4), 553–558. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2003.06.005>
- Lander, K., & Butcher, N. (2015). Independence of face identity and expression processing: Exploring the role of motion. *Frontiers in Psychology*, 6, 255. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00255>
- Leime, J. L., Rique Neto, J., Alves, S. M., & Torro-Alves, N. (2013). Recognition of facial expressions in children, young adults and elderly people. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 30, 161-167. <https://doi.org/10.1590/S0103-166X2013000200002>

- Lu, Z.-L., Lin, Z., & Doshier, B. A. (2016). Translating Perceptual Learning from the Laboratory to Applications. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(8), 561–563. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.05.007>
- McMahon, D. B. T., & Leopold, D. A. (2012). Stimulus timing-dependent plasticity in high-level vision. *Current biology: CB*, 22(4), 332–337. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.01.003>
- Monte-Silva, K., Kuo, M. F., Hessenthaler, S., Fresnoza, S., Liebetanz, D., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2013). Induction of late LTP-like plasticity in the human motor cortex by repeated non-invasive brain stimulation. *Brain stimulation*, 6(3), 424–432. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2012.04.011>
- Murphy, F. C., Nimmo-Smith, I., & Lawrence, A. D. (2003). Functional neuroanatomy of emotions: a meta-analysis. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, 3(3), 207–233. <https://doi.org/10.3758/cabn.3.3.207>
- Nejati, V., Khorrami, A. S., & Fonoudi, M. (2022). Neuromodulation of facial emotion recognition in health and disease: A systematic review. *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, 52(3), 183–201. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2022.03.005>
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology*, 527(Pt 3), 633–639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>
- Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., Hummel, F., Boggio, P. S., Fregni, F., & Pascual-Leone, A. (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain stimulation*, 1(3), 206–223. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2008.06.004>

- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2011). Transcranial direct current stimulation--update 2011. *Restorative neurology and neuroscience*, 29(6), 463–492. <https://doi.org/10.3233/RNN-2011-0618>
- Nitsche, M. A., Koschack, J., Pohlers, H., Hullemann, S., Paulus, W., & Happe, S. (2012). Effects of Frontal Transcranial Direct Current Stimulation on Emotional State and Processing in Healthy Humans. *Frontiers in Psychiatry*, 3, 58. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2012.00058>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97–113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Palermo, R., & Coltheart, M. (2004). Photographs of facial expression: Accuracy, response times, and ratings of intensity. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers: A Journal of the Psychonomic Society, Inc*, 36(4), 634–638. <https://doi.org/10.3758/bf03206544>
- Paiva-Silva, A. I. D., Pontes, M. K., Aguiar, J. S. R., & de Souza, W. C. (2016). How do we evaluate facial emotion recognition?. *Psychology & neuroscience*, 9(2), 153. <https://doi.org/10.1037/pne0000047>
- Paulus, W. (2003). Transcranial direct current stimulation (tDCS). *Supplements to Clinical Neurophysiology*, 56, 249–254. [https://doi.org/10.1016/s1567-424x\(09\)70229-6](https://doi.org/10.1016/s1567-424x(09)70229-6)
- Pujol, J., Harrison, B. J., Ortiz, H., Deus, J., Soriano-Mas, C., López-Solà, M., Yücel, M., Perich, X., & Cardoner, N. (2009). Influence of the fusiform gyrus on amygdala response to emotional faces in the non-clinical range of social anxiety. *Psychological Medicine*, 39(7), 1177–1187. <https://doi.org/10.1017/S003329170800500X>

- Radloff, L. S. (1977). The CES-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Applied psychological measurement*, 1(3), 385-401. <https://doi.org/10.1177/014662167700100306>
- Rafsten, L., Danielsson, A., & Sunnerhagen, K. S. (2018). Anxiety after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Journal of rehabilitation medicine*, 50(9), 769–778. <https://doi.org/10.2340/16501977-2384>
- Raz, N., Ghisletta, P., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., & Lindenberger, U. (2010). Trajectories of brain aging in middle-aged and older adults: regional and individual differences. *NeuroImage*, 51(2), 501–511. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.03.020>
- Rossion, B. (2014). *Understanding face perception by means of prosopagnosia and neuroimaging*. *Frontiers in bioscience*, 6(258), e307. <https://doi.org/10.2741/E706>
- Rossion, B., Caldara, R., Seghier, M., Schuller, A.M., Lazeyras, F., & Mayer, E. (2003). *A network of occipito-temporal face-sensitive areas besides the right middle fusiform gyrus is necessary for normal face processing*. *Brain* 126 (11), 2381–2395. <https://doi.org/10.1093/brain/awg241>.
- Rotshtein, P., Henson, R. N. A., Treves, A., Driver, J., & Dolan, R. J. (2005). Morphing Marilyn into Maggie dissociates physical and identity face representations in the brain. *Nature Neuroscience*, 8(1), 107–113. <https://doi.org/10.1038/nn1370>
- Ruffman, T., Henry, J. D., Livingstone, V., & Phillips, L. H. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32(4), 863–881. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.01.001>

- Sasaki, Y., Náñez, J. E., & Watanabe, T. (2012). Recent progress in perceptual learning research. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, 3(3), 293–299.
<https://doi.org/10.1002/wcs.1175>
- Sergent, J., & Signoret, J. L. (1992). Varieties of functional deficits in prosopagnosia. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 2(5), 375–388.
<https://doi.org/10.1093/cercor/2.5.375>
- Sczesny-Kaiser, M., Beckhaus, K., Dinse, H. R., Schwenkreis, P., Tegenthoff, M., & Höffken, O. (2016). Repetitive Transcranial Direct Current Stimulation Induced Excitability Changes of Primary Visual Cortex and Visual Learning Effects—A Pilot Study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 10, 116.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2016.00116>
- Sorger, B., Goebel, R., Schiltz, C., & Rossion, B. (2007). Understanding the functional neuroanatomy of acquired prosopagnosia. *NeuroImage*, 35(2), 836–852.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.09.051>
- Souza, W. C. de, Feitosa, M. Â. G., Eifuku, S., Tamura, R., & Ono, T. (2008). Face perception in its neurobiological and social context. *Psychology & Neuroscience*, 1(1), 15–20.
- Stern Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 8(3), 448–460.
- Sun, J. H., Tan, L., & Yu, J. T. (2014). Post-stroke cognitive impairment: epidemiology, mechanisms and management. *Annals of translational medicine*, 2(8), 80.
<https://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2014.08.05>

- Sun, J., Yan, F., Liu, A., Liu, T., & Wang, H. (2021). Electrical Stimulation of the Motor Cortex or Paretic Muscles Improves Strength Production in Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 13(2), 171–179. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12399>
- Thair, H., Holloway, A. L., Newport, R., & Smith, A. D. (2017). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 641. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00641>
- Torro-Alves, N., Bezerra, I. A. D. O., Rodrigues, M. R., Machado-de-Sousa, J. P., Osório, F. D. L., & Crippa, J. A. (2016). Facial emotion recognition in social anxiety: The influence of dynamic information. *Psychology & Neuroscience*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.1037/pne0000042>
- Turski, C. A., Kessler-Jones, A., Chow, C., Hermann, B., Hsu, D., Jones, J., Seeger, S. K., Chappell, R., Boly, M., & Ikonomidou, C. (2017). Extended Multiple-Field High-Definition transcranial direct current stimulation (HD-tDCS) is well tolerated and safe in healthy adults. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 35(6), 631–642. <https://doi.org/10.3233/RNN-170757>
- Ullberg, T., Zia, E., Petersson, J., & Norrving, B. (2015). Changes in functional outcome over the first year after stroke: An observational study from the Swedish stroke register. *Stroke*, 46(2), 389–394. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.006538>
- Vasconcelos, A. M. (2018). *Elaboração do teste de reconhecimento de faces brasileiro (TRFBr)*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba. Repositório da Universidade Federal da Paraíba.

- Vizzi, L., Padua, E., D'Amico, A. G., Tancredi, V., D'Arcangelo, G., Cariati, I., Scimeca, M., Maugeri, G., D'Agata, V., & Montorsi, M. (2020). Beneficial Effects of Physical Activity on Subjects with Neurodegenerative Disease. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(4), 94. <https://doi.org/10.3390/jfmk5040094>
- Wu, D., Li, C., Liu, N., Xu, P., & Xiao, W. (2020). Visual motion perception improvements following direct current stimulation over V5 are dependent on initial performance. *Experimental Brain Research*, 238(10), 2409–2416. <https://doi.org/10.1007/s00221-020-05842-7>
- Wu, D., Zhang, P., Liu, N., Sun, K., & Xiao, W. (2021). Effects of High-Definition Transcranial Direct Current Stimulation Over the Left Fusiform Face Area on Face View Discrimination Depend on the Individual Baseline Performance. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 704880. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.704880>
- Yang, T., Penton, T., Köybaşı, Ş. L., & Banissy, M. J. (2017). Social perception and aging: The relationship between aging and the perception of subtle changes in facial happiness and identity. *Acta Psychologica*, 179, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.06.006>
- Yuvaraj, R., Murugappan, M., Norlinah, M. I., Sundaraj, K., & Khairiyah, M. (2013). Review of emotion recognition in stroke patients. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 36(3–4), 179–196. <https://doi.org/10.1159/000353440>

CAPÍTULO V: DISCUSSÃO GERAL

O objetivo geral desta tese foi analisar os efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade facial e emoções faciais em pacientes pós-AVC. Para atender a este objetivo, foram desenvolvidos três estudos que integraram revisões sistemáticas e experimentos, utilizando diferentes métodos e abordagens para responder aos objetivos específicos e testar as hipóteses propostas.

O primeiro estudo consistiu em uma revisão sistemática sobre as ferramentas de avaliação do reconhecimento facial. Esse levantamento revelou que há uma ampla variedade de instrumentos voltados para diferentes aspectos do reconhecimento facial (ex., memória facial, percepção facial), mas que apresentam limitações, como a falta de adaptação cultural e desafios em contextos clínicos.

O CFMT e o BFRT foram destacados como ferramentas frequentemente utilizadas, embora apresentem limitações, como baixa confiabilidade test-retest do CFMT (Murray & Bate, 2020) e dificuldades de percepção em condições variáveis de iluminação no BFRT (Arizpe et al., 2019). Esses resultados destacam lacunas relevantes na literatura e serviram como base para a estruturação dos estudos subsequentes, reforçando a importância de protocolos adaptados para populações específicas.

No segundo estudo, foi realizada uma revisão sistemática sobre o impacto da ETCC no reconhecimento de identidade facial. Os resultados indicaram que a ETCC, dependendo do protocolo utilizado, pode melhorar aspectos como memória facial, processamento holístico e atenção às características das faces. Estudos como os de Barbieri et al. (2016) e Brunyé et al. (2017) corroboram esses achados, evidenciando que a estimulação do giro fusiforme direito é eficaz para aprimorar o reconhecimento de faces, sem efeitos significativos para objetos. Esses achados sustentaram a hipótese de que a ETCC poderia ser uma intervenção eficaz para modular o giro fusiforme direito em pacientes com lesões pós-AVC, reforçando sua potencial aplicação clínica.

No terceiro estudo, de natureza experimental, foi investigado diretamente o efeito da ETCC no reconhecimento de identidade facial e emoções faciais em pacientes pós-AVC. Os resultados demonstraram que o grupo com lesão no hemisfério direito e, principalmente, o esquerdo submetido à ETCC ativa apresentou melhora significativa no reconhecimento de identidade facial, especialmente na fase inicial (percepção), alinhando-se à literatura que destaca o papel do giro fusiforme na percepção facial (Haxby et al., 2000; Rossion et al.,

2000). Entretanto, o reconhecimento de emoções faciais não apresentou diferenças significativas entre os grupos. Isso reforça a hipótese de dissociação funcional entre o reconhecimento de identidade e emoções faciais, conforme proposto por Bruce e Young (1986), mas também sugere que redes adicionais, como a amígdala e o córtex pré-frontal dorsolateral, podem ser mais relevantes para o processamento emocional (Calder & Young, 2005).

Este trabalho apresenta um caráter inovador ao investigar os efeitos da ETCC no reconhecimento de identidade e emoções faciais de forma integrada, utilizando uma abordagem inédita que busca estimular uma única área cerebral, o giro fusiforme, para avaliar simultaneamente dois domínios distintos do reconhecimento facial. Essa proposta rompe com a tendência predominante da literatura, que se concentra em populações saudáveis ou aborda isoladamente esses processos. Além disso, ao aplicar esse protocolo em uma amostra clínica de pacientes pós-AVC, o estudo oferece uma contribuição única, ampliando a compreensão sobre as interações entre esses domínios em contextos de reabilitação, e explorando as possibilidades de intervenções mais específicas e direcionadas.

Em relação às limitações deste trabalho, incluem-se o tamanho amostral reduzido, um desafio comum em estudos clínicos, e a ausência de um grupo controle saudável, o que teria permitido diferenciar os efeitos da ETCC em cérebros lesados daqueles em cérebros sem danos. Outra limitação relevante é a ausência de avaliações longitudinais, que poderiam indicar a durabilidade dos efeitos da estimulação ao longo do tempo, além de oferecer uma visão mais ampla sobre a viabilidade da técnica como intervenção de reabilitação.

Conclui-se que a ETCC representa uma ferramenta promissora na reabilitação cognitiva de pacientes pós-AVC, com efeitos claros no reconhecimento de identidade facial. Contudo, os resultados apontam a necessidade de estudos adicionais para compreender melhor os mecanismos que conectam a estimulação transcraniana ao reconhecimento de emoções faciais em pacientes pós-AVC. Esta tese contribui para a literatura ao destacar a especificidade funcional do giro fusiforme no reconhecimento de faces e ao propor novos caminhos para intervenções que visem melhorar a qualidade de vida de pacientes com déficits cognitivos decorrentes de AVC.

CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese teve sua formulação iniciada em 2021 e foi concluída em 2024. Durante esse período, diversos passos relacionados à formação acadêmica e profissional da discente foram cumpridos, de acordo com as exigências do Programa de Doutorado em Neurociência Cognitiva e Comportamento. Em conformidade com o regimento interno, foram realizados dois exames de qualificação prévios à defesa (projeto e dados parciais), ambos realizados dentro dos prazos estipulados. Além disso, todos os créditos obrigatórios e optativos foram integralmente cumpridos.

No âmbito da formação docente, além dos estágios supervisionados obrigatórios, a discente ampliou sua experiência ao atuar como palestrante na IV Mostra Científica de Fisioterapia da Facene, apresentando a temática *"Neuromodulação: como a ETCC pode alterar a atividade cerebral"*. Para aprimorar ainda mais suas competências pedagógicas, desempenhou o papel de orientadora, coorientadora e avaliadora em trabalhos de conclusão de curso (TCC) na Faculdade Internacional da Paraíba (FPB). Entre os trabalhos orientados e avaliados destacam-se:

- *Terapia espelho na redução da dor fantasma em pacientes amputados: uma revisão integrativa* (orientadora);
- *Intervenções fisioterapêuticas em pacientes com fibromialgia: uma revisão integrativa* (orientadora);
- *A importância da intervenção prévia da fisioterapia e seus benefícios no processo de amamentação em crianças com síndrome de Down* (orientadora);
- *Abordagem fisioterapêutica na cefaleia tensional crônica: uma revisão integrativa* (orientadora);
- *Atuação do Pilates nos desvios posturais infantis: uma revisão integrativa* (coorientadora);
- *Atuação da fisioterapia no manejo clínico e funcional da COVID-19 pós-alta da UTI: uma revisão integrativa* (avaliadora).

Além disso, foi convidada para participar como avaliadora de bancas de conclusão de especialização em Fisioterapia Traumato-Ortopédica e Desportiva (*Abordagem fisioterapêutica em indivíduos com lombalgia: uma revisão integrativa*) e de Residência

Médica no Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ (*Relato de experiência: grupo de estimulação cognitiva para idosos em comunidade residencial na cidade de João Pessoa*).

No âmbito organizacional, a discente participou ativamente das comissões de eventos promovidos pelo programa (2021 a 2024), como a Semana do Cérebro e o Curso e Conferência em Neurociências (CCNeC), o que contribuiu para o desenvolvimento de habilidades práticas na gestão e organização de eventos. Também colaborou em projetos de pesquisa em parceria com colegas de laboratório e outros profissionais, ampliando sua experiência acadêmica. Destaca-se, entre essas contribuições, a organização do livro *Neurociência e Envelhecimento: em busca da longevidade*, no qual atuou como autora de quatro capítulos: *Neuroplasticidade e desempenho motor*, *Estabilidade postural do idoso*, *Acidente vascular encefálico* e *Exercício físico: aplicabilidade na saúde do idoso*.

A discente participou de diversos congressos nacionais e internacionais, como:

- XI e XII Reunião Anual do IBNeC (2021 e 2022);
- CINASAMA – Congresso Internacional de Saúde e Meio Ambiente (2020 a 2023);
- 3º Congresso Internacional de Terapia Manual e Posturologia (2022);
- 12º Congresso Internacional de Fisioterapia (2022);
- I Congresso Internacional Multiprofissional em Atenção Primária à Saúde (2022).

Em todos esses eventos, contribuiu ativamente como autora principal ou coautora dos trabalhos apresentados. Dois desses trabalhos receberam Certificados de Honra ao Mérito no CINASAMA: *Reconhecimento da identidade facial e percepção emocional em pacientes após acidente vascular cerebral* e *Acesso aos serviços de saúde por crianças com microcefalia*. Além disso, no período de 2021 a 2024, foram realizadas 20 publicações de capítulos de livros e três artigos científicos.

Essa trajetória de quatro anos foi marcada por desafios, aprendizados e realizações. O cumprimento das exigências do programa e o desenvolvimento de competências acadêmicas e profissionais consolidaram o amadurecimento da discente, resultando na produção desta tese. Assim, este trabalho não apenas representa a síntese do conhecimento adquirido, mas também simboliza o comprometimento, a dedicação e a superação de adversidades, refletindo as habilidades de pesquisa e adaptação desenvolvidas ao longo dessa jornada.

REFERÊNCIAS

- Adolphs R. (2002). Recognizing emotion from facial expressions: psychological and neurological mechanisms. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, 1(1), 21–62. <https://doi.org/10.1177/1534582302001001003>
- Almada, L. F. (2012). Percepção Emocional e Processamento de Informações Emocionais no Reconhecimento de Expressões Faciais: Origens psicológicas do julgamento social. *DoisPontos*, 9(2). <http://revistas.ufpr.br/doispontos/article/view/26594>
- Arizpe, J. M., Saad, E., Douglas, A. O., Germine, L., Wilmer, J. B., & DeGutis, J. M. (2019). Self-reported face recognition is highly valid, but alone is not highly discriminative of prosopagnosia-level performance on objective assessments. *Behavior Research Methods*, 51(3), 1102–1116. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01195-w>
- Barbieri, M., Negrini, M., Nitsche, M. A., & Rivolta, D. (2016). *Anodal-tDCS over the human right occipital cortex enhances the perception and memory of both faces and objects.* *Neuropsychologia*, 81, 238-244. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.12.030>
- Barton, J. J. S., Cherkasova, M. V., Press, D. Z., Intriligator, J. M., & O'Connor, M. (2003). Developmental prosopagnosia: A study of three patients. *Brain and Cognition*, 51(1), 12–30. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(02\)00516-X](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(02)00516-X)
- Baseler, H. A., Harris, R. J., Young, A. W., & Andrews, T. J. (2014). Neural responses to expression and gaze in the posterior superior temporal sulcus interact with facial identity. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 24(3), 737–744. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs360>

- Begemann, M. J., Brand, B. A., Ćurčić-Blake, B., Aleman, A., & Sommer, I. E. (2020). Efficacy of non-invasive brain stimulation on cognitive functioning in brain disorders: a meta-analysis. *Psychological medicine*, 50(15), 2465–2486. <https://doi.org/10.1017/S0033291720003670>
- Boling, B., & Keinath, K. (2018). Acute Ischemic Stroke. *AACN Advanced Critical Care*, 29(2), 152–162. <https://doi.org/10.4037/aacnacc2018483>
- Borod, J. C., Cicero, B. A., Obler, L. K., Welkowitz, J., Erhan, H. M., Santschi, C., Grunwald, I. S., Agosti, R. M., & Whalen, J. R. (1998). Right hemisphere emotional perception: evidence across multiple channels. *Neuropsychology*, 12(3), 446–458. <https://doi.org/10.1037//0894-4105.12.3.446>
- Brasil. Ministério da Saúde. AVC isquêmico. Disponível em: [<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/avc/>]. Acesso em: 10 out. 2023.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3), 305–327. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1986.tb02199.x>
- Brunyé, T. T., Moran, J. M., Holmes, A., Mahoney, C. R., & Taylor, H. A. (2017). *Non-invasive brain stimulation targeting the right fusiform gyrus selectively increases working memory for faces*. *Brain and cognition*, 113, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.01.006>
- Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature reviews. Neuroscience*, 6(8), 641–651. <https://doi.org/10.1038/nrn1724>

- Chaby, L., & Narme, P. (2009). La reconnaissance des visages et de leurs expressions faciales au cours du vieillissement normal et dans les pathologies neurodégénératives [Processing facial identity and emotional expression in normal aging and neurodegenerative diseases]. *Psychologie & neuropsychiatrie du vieillissement*, 7(1), 31–42. <https://doi.org/10.1684/pnv.2008.0154>
- Civile, C., Waguri, E., Quaglia, S., Wooster, B., Curtis, A., McLaren, R., Lavric, A., & McLaren, I. P. L. (2020). *Testing the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on the face inversion effect and the N170 event-related potentials (ERPs) component*. *Neuropsychologia*, 143, 107470. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107470>
- Cooper, C. L., Phillips, L. H., Johnston, M., Whyte, M., & MacLeod, M. J. (2015). The role of emotion regulation on social participation following stroke. *The British journal of clinical psychology*, 54(2), 181–199. <https://doi.org/10.1111/bjc.12068>
- Corrow, S. L., Dalrymple, K. A., & Barton, J. J. (2016). Prosopagnosia: current perspectives. *Eye and brain*, 8, 165–175. <https://doi.org/10.2147/EB.S92838>
- Cousins, R. (2013). Prosopagnosia after stroke: Potentials for impairment and treatment. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 20(6), 471–477. <https://doi.org/10.1310/tsr2006-471>
- Cousins, R., Hanley, J. R., Davies, A. D., Turnbull, C. J., & Playfer, J. R. (2000). Understanding memory for faces in Parkinson's disease: the role of configural processing. *Neuropsychologia*, 38(6), 837–847. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(99\)00133-5](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00133-5)
- Cumming, T. B., Marshall, R. S., & Lazar, R. M. (2013). Stroke, cognitive deficits, and rehabilitation: still an incomplete picture. *International journal of stroke : official*

journal of the International Stroke Society, 8(1), 38–45.

<https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2012.00972.x>

Da Silva, A. M. R., Vasconcelos, A. M. de., Melo, G. A. de. (2021). *Neurociência e Envelhecimento: em busca da longevidade*. João Pessoa: Ideia.

DaSilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., & Fregni, F. (2011). *Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation*. *Journal of visualized experiments : JoVE*, 51, 2744. <https://doi.org/10.3791/2744>

DATASUS.In: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sim/cnv/obt10uf.def>. Acesso em 01/11/2023

Davidson R. J. (2003). Affective neuroscience and psychophysiology: toward a synthesis. *Psychophysiology*, 40(5), 655–665. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00067>

Davies-Thompson, J., Newling, K., & Andrews, T. J. (2013). Image-invariant responses in face-selective regions do not explain the perceptual advantage for familiar face recognition. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 23(2), 370–377. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs024>

Dimyan, M. A., & Cohen, L. G. (2011). Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke. *Nature Reviews. Neurology*, 7(2), 76–85. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2010.200>

Ellis, H. D., & Florence, M. (1990). Bodamer's (1947) paper on prosopagnosia. *Cognitive Neuropsychology*, 7(2), 81–105. <https://doi.org/10.1080/02643299008253437>

- Ellis, H. D., & Young, A. W. (1988). Training in face-processing skills for a child with acquired prosopagnosia. *Developmental Neuropsychology*, 4(4), 283-294. <https://doi.org/10.1080/87565648809540412>
- Fertonani, A., Ferrari, C., & Miniussi, C. (2015). What do you feel if I apply transcranial electric stimulation? Safety, sensations and secondary induced effects. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 126(11), 2181–2188. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.03.015>
- Fisher, K., Towler, J., & Eimer, M. (2016). Facial identity and facial expression are initially integrated at visual perceptual stages of face processing. *Neuropsychologia*, 80, 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.11.011>
- Forni-Santos, L., & Osório, F. L. (2015). Influence of gender in the recognition of basic facial expressions: A critical literature review. *World Journal of Psychiatry*, 5(3), 342–351. <https://doi.org/10.5498/wjp.v5.i3.342>
- Fox, C. J., Moon, S. Y., Iaria, G., & Barton, J. J. S. (2009). The correlates of subjective perception of identity and expression in the face network: An fMRI adaptation study. *NeuroImage*, 44(2), 569–580. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.09.011>
- Fregni, F., Boggio, P. S., Mansur, C. G., Wagner, T., Ferreira, M. J., Lima, M. C., Rigonatti, S. P., Marcolin, M. A., Freedman, S. D., Nitsche, M. A., & Pascual-Leone, A. (2005). Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neuroreport*, 16(14), 1551–1555. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000177010.44602.5e>

- Furl, N., Henson, R. N., Friston, K. J., & Calder, A. J. (2013). Top-down control of visual responses to fear by the amygdala. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 33(44), 17435–17443. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2992-13.2013>
- Gagliardi, R. J. (2015). Prevenção primária da doença cerebrovascular. *Diagn. tratamento*. <http://files.bvs.br/upload/S/1413-9979/2015/v20n3/a4894.pdf>
- Gandiga, P. C., Hummel, F. C., & Cohen, L. G. (2006). Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 117(4), 845–850. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.12.003>
- Goldsmith, Z. G., & Liu, G. T. (2001). Facial recognition and prosopagnosia: Past and present concepts. *Neuro-ophthalmology*, 25(4), 177-192. <https://doi.org/10.1076/noph.25.4.177.8057>
- Golkar, A., Lonsdorf, T. B., Olsson, A., Lindstrom, K. M., Berrebi, J., Fransson, P., Schalling, M., Ingvar, M., & Öhman, A. (2012). Distinct contributions of the dorsolateral prefrontal and orbitofrontal cortex during emotion regulation. *PloS One*, 7(11), e48107. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048107>
- Grill-Spector, K., Knouf, N., & Kanwisher, N. (2004). The fusiform face area subserves face perception, not generic within-category identification. *Nature Neuroscience*, 7(5), 555–562. <http://dx.doi.org/10.1038/nn1224>
- Grüter, T., Grüter, M., & Carbon, C.-C. (2008). Neural and genetic foundations of face recognition and prosopagnosia. *Journal of Neuropsychology*, 2(1), 79–97. <https://doi.org/10.1348/174866407x231001>

- Grüter, T., Grüter, M., & Carbon, C.-C. (2008). Neural and genetic foundations of face recognition and prosopagnosia. *Journal of Neuropsychology*, 2(1), 79–97. <https://doi.org/10.1348/174866407x231001>
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01482-0)
- Haxby, J. V., Ungerleider, L. G., Clark, V. P., Schouten, J. L., Hoffman, E. A., & Martin, A. (1999). The effect of face inversion on activity in human neural systems for face and object perception. *Neuron*, 22(1), 189–199. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(00\)80690-x](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(00)80690-x)
- Haxby, J. V., Ungerleider, L. G., Horwitz, B., Maisog, J. M., Rapoport, S. I., & Grady, C. L. (1996). Face encoding and recognition in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(2), 922–927. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.2.922>
- Heilman, K. M., Valenstein, E., & Watson, R. T. (2000). Neglect and related disorders. *Seminars in Neurology*, 20(4), 463–470. <https://doi.org/10.1055/s-2000-13179>
- Hier, D. B., Mondlock, J., & Caplan, L. R. (1983). Recovery of behavioral abnormalities after right hemisphere stroke. *Neurology*, 33(3), 345–350. <https://doi.org/10.1212/wnl.33.3.345>
- Hoffman, E. A., & Haxby, J. V. (2000). *Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception*. *Nature neuroscience*, 3(1), 80–84. <https://doi.org/10.1038/71152>

- Ishai, A., Haxby, J. V., & Ungerleider, L. G. (2002). Visual imagery of famous faces: effects of memory and attention revealed by fMRI. *NeuroImage*, 17(4), 1729–1741. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1330>
- Jorge, R. E., Acion, L., Moser, D., Adams, H. P., Jr, & Robinson, R. G. (2010). Escitalopram and enhancement of cognitive recovery following stroke. *Archives of general psychiatry*, 67(2), 187–196. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2009.185>
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 17(11), 4302–4311. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.17-11-04302.1997>
- Kaufmann, J. M., & Schweinberger, S. R. (2004). Expression influences the recognition of familiar faces. *Perception*, 33(4), 399–408. <https://doi.org/10.1068/p5083>
- Kelley, W. M., Miezin, F. M., McDermott, K. B., Buckner, R. L., Raichle, M. E., Cohen, N. J., Ollinger, J. M., Akbudak, E., Conturo, T. E., Snyder, A. Z., & Petersen, S. E. (1998). Hemispheric specialization in human dorsal frontal cortex and medial temporal lobe for verbal and nonverbal memory encoding. *Neuron*, 20(5), 927–936. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(00\)80474-2](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(00)80474-2)
- Kerkhoff G. (2000). Neurovisual rehabilitation: recent developments and future directions. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 68(6), 691–706. <https://doi.org/10.1136/jnnp.68.6.691>
- Khan, A., Wang, X., Ti, C. H. E., Tse, C. Y., & Tong, K. Y. (2020). Anodal Transcranial Direct Current Stimulation of Anterior Cingulate Cortex Modulates Subcortical Brain Regions Resulting in Cognitive Enhancement. *Frontiers in human neuroscience*, 14, 584136. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.584136>

- Khan, A., Yuan, K., Bao, S. C., Ti, C. H. E., Tariq, A., Anjum, N., & Tong, R. K. (2022). Can Transcranial Electrical Stimulation Facilitate Post-stroke Cognitive Rehabilitation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in rehabilitation sciences*, 3, 795737. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.795737>
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2015). *Fundamentals of Human Neuropsychology* (Seventh edição). Worth Publishers.
- Kuskowski, M. A., & Pardo, J. V. (1999). The role of the fusiform gyrus in successful encoding of face stimuli. *NeuroImage*, 9(6 Pt 1), 599–610. <https://doi.org/10.1006/nimg.1999.0442>
- Lander, K., & Butcher, N. (2015). Independence of face identity and expression processing: Exploring the role of motion. *Frontiers in Psychology*, 6, 255. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00255>
- Li, K. H. C., Jesuthasan, A., Kui, C., Davies, R., Tse, G., & Lip, G. Y. H. (2021). Acute ischemic stroke management: Concepts and controversies. A narrative review. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 21(1), 65–79. <https://doi.org/10.1080/14737175.2021.1836963>
- Liew, S. L., Santarnecchi, E., Buch, E. R., & Cohen, L. G. (2014). Non-invasive brain stimulation in neurorehabilitation: local and distant effects for motor recovery. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 378. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00378>
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: A meta-analytic review. *The Behavioral and brain sciences*, 35(3), 121–143. <https://doi.org/10.1017/S0140525X11000446>

- Mandal, M. K., Borod, J. C., Asthana, H. S., Mohanty, A., Mohanty, S., & Koff, E. (1999). Effects of lesion variables and emotion type on the perception of facial emotion. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 187(10), 603–609. <https://doi.org/10.1097/00005053-199910000-00003>
- McDermott, K. B., Buckner, R. L., Petersen, S. E., Kelley, W. M., & Sanders, A. L. (1999). Set- and code-specific activation in frontal cortex: an fMRI study of encoding and retrieval of faces and words. *Journal of cognitive neuroscience*, 11(6), 631–640. <https://doi.org/10.1162/089892999563698>
- Medeiros, C. S. P. de, Pacheco, T. B. F., Cavalcanti, F. A. da C., Cacho, R. de O., & Bezerra, A. M. da S. (2019). Level of motor, sensory and functional impairment from stroke at admission and hospital discharge in Brazil. *Brain Injury*, 33(11), 1430–1435. <https://doi.org/10.1080/02699052.2019.1642515>
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Murray, E., & Bate, S. (2020). Diagnosing developmental prosopagnosia: Repeat assessment using the Cambridge Face Memory Test. *Royal Society Open Science*, 7(9), 200884. <https://doi.org/10.1098/rsos.200884>
- Nejati, V., Majdi, R., Salehinejad, M. A., & Nitsche, M. A. (2021). The role of dorsolateral and ventromedial prefrontal cortex in the processing of emotional dimensions. *Scientific Reports*, 11, 1971. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81454-7>
- Nejati, V., Salehinejad, M. A., & Nitsche, M. A. (2018). Interaction of the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex (l-DLPFC) and Right Orbitofrontal Cortex (OFC) in Hot and Cold Executive Functions: Evidence from Transcranial Direct Current Stimulation

(tDCS). *Neuroscience*, 369, 109–123.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.10.042>

Nijse, B., Spikman, J. M., Visser-Meily, J. M., de Kort, P. L., & van Heugten, C. M. (2019).

Social Cognition Impairments in the Long Term Post Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 100(7), 1300–1307.

<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.01.023>

Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2011). Transcranial direct current stimulation--update

2011. *Restorative neurology and neuroscience*, 29(6), 463–492.

<https://doi.org/10.3233/RNN-2011-0618>

Nitsche, M. A., Koschack, J., Pohlers, H., Hullemann, S., Paulus, W., & Happe, S. (2012).

Effects of Frontal Transcranial Direct Current Stimulation on Emotional State and Processing in Healthy Humans. *Frontiers in Psychiatry*, 3, 58.

<https://doi.org/10.3389/fpsy.2012.00058>

Nogueira, G. G., Nogueira, M. G., Castro, T. E. D., & Alegre-Maller, A. C. P. (2021).

Avaliação da influência dos marcadores inflamatórios na mortalidade de pacientes com AVC isquêmico. *Revista Brasileira de Neurologia*, 57(3), Artigo 3.

<https://revistas.ufrj.br/index.php/rbn/article/view/47217>

Park, S., Kim, T., Shin, S. A., Kim, Y. K., Sohn, B. K., Park, H.-J., Youn, J.-H., & Lee, J.-

Y. (2017). Behavioral and Neuroimaging Evidence for Facial Emotion Recognition in Elderly Korean Adults with Mild Cognitive Impairment, Alzheimer's Disease, and Frontotemporal Dementia. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9.

<https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00389>

- Polanía, R., Nitsche, M. A., & Ruff, C. C. (2018). Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation. *Nature neuroscience*, 21(2), 174–187. <https://doi.org/10.1038/s41593-017-0054-4>
- Prkachin G. C. (2003). The effects of orientation on detection and identification of facial expressions of emotion. *British journal of psychology (London, England : 1953)*, 94(Pt 1), 45–62. <https://doi.org/10.1348/000712603762842093>
- Psalta, L., Young, A. W., Thompson, P., & Andrews, T. J. (2014). The Thatcher Illusion Reveals Orientation Dependence in Brain Regions Involved in Processing Facial Expressions. *Psychological science*, 25(1), 128–136. <https://doi.org/10.1177/0956797613501521>
- Ranganath, C., Johnson, M. K., & D'Esposito, M. (2003). Prefrontal activity associated with working memory and episodic long-term memory. *Neuropsychologia*, 41(3), 378–389. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(02\)00169-0](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(02)00169-0)
- Rapcsak S. Z. (2003). Face memory and its disorders. *Current neurology and neuroscience reports*, 3(6), 494–501. <https://doi.org/10.1007/s11910-003-0053-6>
- Rapcsak S. Z. (2003). Face memory and its disorders. *Current neurology and neuroscience reports*, 3(6), 494–501. <https://doi.org/10.1007/s11910-003-0053-6>
- Renzi, C., Ferrari, C., Schiavi, S., Pisoni, A., Papagno, C., Vecchi, T., Antal, A., & Cattaneo, Z. (2015). The role of the occipital face area in holistic processing involved in face detection and discrimination: A tDCS study. *Neuropsychology*, 29(3), 409–416. <https://doi.org/10.1037/neu0000127>

- Rolim, C. L. R. C., & Martins, M. (2011). Qualidade do cuidado ao acidente vascular cerebral isquêmico no SUS. *Cadernos de Saúde Pública*, 27, 2106–2116. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2011001100004>
- Rossion, B., Dricot, L., Devolder, A., Bodart, J. M., Crommelinck, M., De Gelder, B., & Zoontjes, R. (2000). Hemispheric asymmetries for whole-based and part-based face processing in the human fusiform gyrus. *Journal of cognitive neuroscience*, 12(5), 793– 802. <https://doi.org/10.1162/089892900562606>
- Rotshtein, P., Henson, R. N. A., Treves, A., Driver, J., & Dolan, R. J. (2005). Morphing Marilyn into Maggie dissociates physical and identity face representations in the brain. *Nature Neuroscience*, 8(1), 107–113. <https://doi.org/10.1038/nn1370>
- Sacco, R. L., Kasner, S. E., Broderick, J. P., Caplan, L. R., Connors, J. J., Culebras, A., Elkind, M. S., George, M. G., Hamdan, A. D., Higashida, R. T., Hoh, B. L., Janis, L. S., Kase, C. S., Kleindorfer, D. O., Lee, J. M., Moseley, M. E., Peterson, E. D., Turan, T. N., Valderrama, A. L., Vinters, H. V., ... Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism (2013). An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 44(7), 2064–2089. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e318296aeca>
- Smith–Spijkerboer, W., van Hout, M., van der Palen, J. A. M., den Hertog, H. M., Smeets–Schouten, A. S., Meeske, K., & Dorresteyn, L. D. A. (2021). Impaired visual emotion recognition after minor ischemic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.10.024>

- Sun, J. H., Tan, L., & Yu, J. T. (2014). Post-stroke cognitive impairment: epidemiology, mechanisms and management. *Annals of translational medicine*, 2(8), 80. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2014.08.05>
- Thair, H., Holloway, A. L., Newport, R., & Smith, A. D. (2017). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 641. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00641>
- Tippett, D. C., Godin, B. R., Oishi, K., Oishi, K., Davis, C., Gomez, Y., Trupe, L. A., Kim, E. H., & Hillis, A. E. (2018). Impaired Recognition of Emotional Faces after Stroke Involving Right Amygdala or Insula. *Seminars in speech and language*, 39(1), 87–100. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1608859>
- Torro- Alves, N., Aznar-Casanova, J. A., & Fukusima, S. S. (2009). Patterns of brain asymmetry in the perception of positive and negative facial expressions. *Laterality*, 14(3), 256–272. <https://doi.org/10.1080/13576500802362927>
- van den Berg, N. S., de Haan, E. H. F., Huitema, R. B., Spikman, J. M., & visual brain group. (2021). The neural underpinnings of facial emotion recognition in ischemic stroke patients. *Journal of Neuropsychology*, 15(3), 516–532. <https://doi.org/10.1111/jnp.12240>
- Vuilleumier, P., & Pourtois, G. (2007). Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 45(1), 174–194. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.003>
- Wagle, J., Farner, L., Flekkøy, K., Bruun Wyller, T., Sandvik, L., Fure, B., Stensrød, B., & Engedal, K. (2011). Early post-stroke cognition in stroke rehabilitation patients

- predicts functional outcome at 13 months. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 31(5), 379–387. <https://doi.org/10.1159/000328970>
- Willis, M. L., Murphy, J. M., Ridley, N. J., & Vercammen, A. (2015). Anodal tDCS targeting the right orbitofrontal cortex enhances facial expression recognition. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(12), 1677–1683. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv057>
- Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P., Cohen, L. G., Fregni, F., Herrmann, C. S., Kappenman, E. S., Knotkova, H., Liebetanz, D., Miniussi, C., Miranda, P. C., Paulus, W., Priori, A., Reato, D., Stagg, C., Wenderoth, N., & Nitsche, M. A. (2016). A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 127(2), 1031–1048. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.11.012>
- Yang, L.-C., Ren, P., & Ma, Y.-Y. (2018). Anodal Transcranial Direct-Current Stimulation Over the Right Dorsolateral Prefrontal Cortex Influences Emotional Face Perception. *Neuroscience Bulletin*, 34(5), 842–848. <https://doi.org/10.1007/s12264-018-0242-6>

APÊNDICES

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento
Laboratório de Percepção, Neurociência e Comportamento

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(Conforme Resolução do CNS/ No. 466/2012)**

Prezado (a) Senhor (a),

Esta pesquisa busca trazer esclarecimentos as questões relacionadas ao processamento do reconhecimento de faces e ao potencial da Estimulação Elétrica Transcraniana (ETCC) na reabilitação cognitiva de indivíduos após o Acidente Vascular Cerebral (AVC), no que tange aos domínios do reconhecimento da identidade e emoções faciais. Desenvolvida pela pesquisadora Aline Miranda de Vasconcelos, doutoranda do Programa de Pós Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sob a orientação do Prof^o. Dr^o. Nelson Torro Alves.

O objetivo do estudo é avaliar a eficácia da ETCC aplicada no giro fusiforme para o reconhecimento da identidade e emoções faciais em indivíduos pós-AVC. Para isso, solicitamos sua colaboração para participar deste experimento, a ser realizado no Hospital Metropolitano Dom José Maria Pires ou no Laboratório de Ciências Cognitivas e Percepção (LACOP), da UFPB. Ao participar desta pesquisa, você poderá ajudar a esclarecer os potenciais dos protocolos de reabilitação com a utilização da ETCC para melhorias dos déficits no processamento cognitivo em indivíduos pós-AVC, com lesão no hemisfério direito ou esquerdo, ou seja, os indivíduos terão como benefício a melhora da sua capacidade em reconhecer pessoas/ emoções faciais e na sua interação social. Em relação aos possíveis riscos para o (a) participante, não há indicações relatadas de efeitos adversos graves e permanentes, porém podem ocorrer efeitos colaterais temporários leves, como dor de cabeça, sensação cutânea nos locais de estimulação, fadiga moderada, vermelhidão da pele sobre o eletrodo, dificuldade de concentração, alterações agudas de humor e náuseas. No entanto, como faremos uma única sessão esses efeitos são ainda mais minimizados, podendo muitas vezes não ocorrer. Mesmo assim, para monitorização e controle dos possíveis efeitos, os (as) participantes serão questionados antes e depois da experimentação.

Você será solicitado a responder instrumentos avaliativos como: Questionário sociodemográfico, Self-Reporting Questionnaire (SRQ-20), Mini-exame do Estado Mental (MEEM), Inventário de dominância lateral de Edimburgo, Modified National Institute of Health Stroke Scale (mNIHSS) e Escala de depressão do centro de estudos epidemiológicos (CES-D). Além disso, os participantes responderão também aos testes de reconhecimento da identidade e emoção facial, de acordo com as instruções do(a) pesquisador(a) e em seguida, receberão a estimulação com a ETCC anódica sobre a área PO10 ou PO9 (a depender do grupo alocado) enquanto respondem novamente aos testes para

reconhecimento da identidade e emoção facial. Solicitamos também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Esta pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para sua saúde.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pela pesquisadora. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano.

A pesquisadora estará a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia deste documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Testemunha

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, basta entrar em contato com os números disponibilizados abaixo:

Pesquisadora: Aline Miranda de Vasconcelos / Fone: (83) 9-98359168/ E-mail: alinemvasconcelos@gmail.com

Comitê de Ética em Pesquisa CEP/CCS/UFPB / Fone: (83) 3216 7791/ Endereço: Centro de Ciências da Saúde - 1º andar; Campus I - Cidade Universitária CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB / E-mail comitedeetica@ccs.ufpb.br

Atenciosamente,

Aline Miranda de Vasconcelos

Assinatura do Pesquisador Responsável

Obs.: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

APÊNDICE B: Questionário sócio-demográfico**QUESTIONÁRIO SÓCIODEMOGRÁFICO**

Data: ____/____/____

Código: _____

Avaliador: _____

ANAMNESE

Nome: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Idade: ____ Sexo: ____ Raça: ____

Estado civil: _____ Telefone: _____

Cuidador: _____

Endereço: _____

Nível de Escolaridade: _____

Profissão: _____ Médicos acompanhantes: _____

Lado dominante: ()D ()E Lado hemiparético: ()D ()E

Nº de AVC'S: ____ Tempo de lesão: _____

Área da lesão: _____

HDA: _____

Apresenta histórico de epilepsia, gravidez, implantes cocleares/ metálicos localizados na cabeça e/ou marca-passo cardíaco? _____

Apresenta alguma outra comorbidade? _____

Medicamentos em uso: _____

Realiza alguma atividade física? Se sim, qual(is)? _____

Tem algum comprometimento visual? ____ Faz uso de óculos (lentes corretivas)? ____

Sente dificuldade no dia a dia para reconhecer faces e emoções faciais?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Nenhuma

Muita dificuldade

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

APÊNDICE C: Questionário sobre os efeitos colaterais durante a coleta**QUESTIONÁRIO SOBRE OS EFEITOS COLATERAIS DURANTE A COLETA**

Código: _____ Nome: _____				
SESSÃO:	DATA:	SINTOMAS:	RELACIONADO A APLICAÇÃO?	OBSERVAÇÕES

Protocolo:

DOR DE CABEÇA DOR NO PESCOÇO FORMIGAMENTO ARDÊNCIA/QUEIMAÇÃO SONO VERMELHIDÃO MUDANÇA DE HUMOR COMO FOI? LEVE/MODERADO/INTENSO
--

ANEXOS

ANEXO A: Aprovação do projeto na Secretária de Saúde de João Pessoa.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE
ESCOLA DE SAÚDE PÚBLICA DA PARAÍBA

**TERMO DE ANUÊNCIA PARA PESQUISA**

A **Escola de Saúde Pública da Paraíba**, por ter sido informada por escrito sobre os objetivos e metodologia da pesquisa intitulada **AVALIAÇÃO DE DOIS PROTOCOLOS DE ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO RECONHECIMENTO DA IDENTIDADE E EMOÇÕES FACIAIS APÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO JOÃO PESSOA 2022**, autoriza a realização das etapas do projeto de pesquisa, a ser desenvolvido pelo(a) pesquisador(a) **ALINE MIRANDA VASCONCELOS**, sob orientação de **PROF. NELSON TORRO ALVES**, a ser realizado no(a) **Hospital Metropolitano Dom José Maria Pires**, da Rede Estadual de Saúde da Paraíba.

Esta autorização está condicionada à aprovação prévia da pesquisa acima citada por um Comitê de Ética em Pesquisa e ao cumprimento das determinações éticas propostas na Resolução 466/12 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde – CNS e suas complementares.

Informamos que para emissão de Encaminhamento para acesso a Rede Estadual de Saúde fica condicionada a apresentação a ESP-PB do **Parecer Consubstanciado de Aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa**, devidamente credenciado junto à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

O(a) pesquisador(a) deverá estar ciente de suas responsabilidades, e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem estar dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Após a realização da pesquisa, deve ser dada uma devolutiva do resultado final nos locais em foi realizada a coleta de dados e entrega da versão final da pesquisa em formato digital no Núcleo de Investigação Científica da ESP-PB.

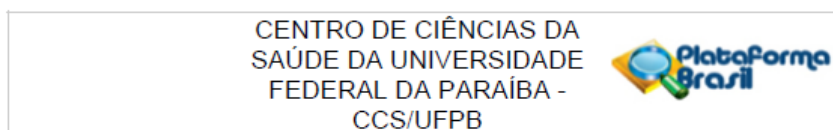
O descumprimento desses condicionamentos assegura a ESP-PB o direito de retirar a anuência a qualquer momento da pesquisa.

João Pessoa - PB, 06 de fevereiro de 2023.


Carolina Dantas Rocha Xavier de Lucena
Diretora Acadêmica
ESP/PB
Escola de Saúde Pública da Paraíba
Direção Acadêmica

ESCOLA DE SAÚDE PÚBLICA DO ESTADO DA PARAÍBA
Av. Dom Pedro II, 1826 – Torre – João Pessoa-PB
CEP: 58.040-440 Tel.: (83) 3214-1732

ANEXO B: Aprovação do projeto no Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CCS/UFPB.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DE DOIS PROTOCOLOS DE ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO RECONHECIMENTO DA IDENTIDADE E EMOÇÕES FACIAIS APÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

Pesquisador: ALINE MIRANDA DE VASCONCELOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 67565323.0.0000.5188

Instituição Proponente: Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.044.123

Apresentação do Projeto:

Considerado a segunda maior causa de morte e a primeira maior causa de incapacidade, o Acidente Vascular Encefálico (AVE) é uma das doenças neurológicas mais prevalentes em todo mundo, especialmente na população idosa (Dimyan & Cohen, 2011; Li et al., 2021; Nogueira, Nogueira, Castro, & Alegre-Maller, 2021). É caracterizado por um déficit neurológico súbito, que pode ocorrer por uma lesão focal aguda de origem vascular, no Sistema Nervoso Central (SNC), podendo ser classificado em isquêmico ou hemorrágico (Sacco et al

ANEXO C: Self Reporting Questionnaire – SRQ 20

SELF REPORTING QUESTIONNAIRE – SRQ 20		
Código: _____		
Nome: _____		
Data: ____/____/____ Examinador: _____		
	NÃO	SIM
1. Tem dores de cabeça frequentes?	0	1
2. Tem falta de apetite?	0	1
3. Dorme mal?	0	1
4. Fica com medo com facilidade?	0	1
5. Tem tremores nas mãos?	0	1
6. Sente-se nervoso(a), tenso(a) ou preocupado(a)?	0	1
7. Tem má digestão?	0	1
8. Tem dificuldade de pensar com clareza?	0	1
9. Sente-se infeliz?	0	1
10. Tem chorado mais que o comum?	0	1
11. Acha difícil gostar de suas atividades diárias?	0	1
12. Acha difícil tomar decisões?	0	1
13. Tem dificuldade nos trabalhos diários (lhe causa sofrimento ou tormento)?	0	1
14. É incapaz de desempenhar um papel útil na vida?	0	1
15. Perdeu o interesse pelas coisas?	0	1
16. Você se sente uma pessoa inútil?	0	1
17. Tem passado por sua cabeça acabar com sua vida?	0	1
18. Sente-se cansado(a) todo o tempo?	0	1
19. Tem sensações desagradáveis no estômago?	0	1
20. Fica cansado com facilidade?	0	1
ESCORE TOTAL: _____		

ANEXO D: Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo

INVENTÁRIO DE DOMINÂNCIA LATERAL DE EDIMBURGO
Código: _____
Nome: _____

(+) Realiza a maioria das vezes

(++) Sempre realiza

Caso a probabilidade de se fazer a atividade com ambas as mãos seja igual, marca-se uma (+) em cada coluna.

	ESQUERDA	DIREITA
1. Escrever		
2. Desenhar		
3. Arremessar		
4. Uso de tesouras		
5. Escovar os dentes		
6. Uso de faca (sem garfo)		
7. Uso de colher		
8. Uso de vassoura (mão superior)		
9. Acender um fósforo (mão do fósforo)		
10. Abrir uma caixa (mão da tampa)		

ANEXO E: Escala de Depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos (CES-D)

ESCALA DE DEPRESSÃO CES-D	
Código: _____	Nome: _____

Instruções: Segue abaixo uma lista de tipos de sentimentos e comportamentos. Solicitamos que você assinale a frequência com que tenha se sentido dessa maneira durante a semana passada.

<i>Durante a semana passada...</i>	<i>Raramente ou nunca (menos que 1 dia)</i>	<i>Poucas vezes (1 ou 2 dias)</i>	<i>Às vezes (3 a 4 vezes)</i>	<i>Quase sempre ou sempre (5 a 7 dias)</i>
1. Senti-me incomodado com coisas que habitualmente não me incomodam.				
2. Não tive vontade de comer, tive pouco apetite.				
3. Não consegui melhorar meu ânimo mesmo com a ajuda de familiares e amigos				
4. Eu me senti tão bem quanto às outras pessoas.				
5. Senti dificuldade em me concentrar no que estava fazendo.				
6. Senti-me deprimido.				
7. Senti que tive de fazer esforço para dar conta das minhas tarefas habituais.				
8. Senti-me otimista com relação ao futuro.				
9. Considerei que a minha vida tinha sido um fracasso.				
10. Me senti com medo.				

11. Meu sono não foi repousante.				
12. Estive feliz				
13. Conversei menos que o normal				
14. Senti-me sozinho.				
15. As pessoas não foram amigáveis comigo				
16. Aproveitei minha vida.				
17. Tive crises de choro.				
18. Senti-me triste.				
19. Senti que as pessoas não gostavam de mim.				
20. Não consegui levar adiante minhas coisas.				

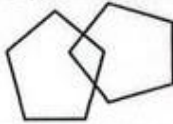
ANEXO F: National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)

ESCALA NIHSS			
Código: _____ Nome: _____			
ORIENTAÇÃO	DEFINIÇÃO DA ESCALA	PONTUAÇÃO	
1A. Nível de consciência	0 = Alerta 1= Desperta com estímulo verbal 2= Desperta somente com estímulo doloroso 3= Respostas reflexas ou sem respostas aos estímulos dolorosos		
1B. Orientação (idade e mês)	0= ambas as respostas corretas 1= uma resposta correta 2= ambas corretas		
1C. Comandos (abrir e fechar os olhos, abrir e fechar a mão)	0= duas tarefas corretas 1= uma tarefa correta 2= ambas incorretas		
2. Motricidade ocular (melhor movimento ocular apenas no plano horizontal)	0= normal 1= limitação parcial dos movimentos 2= desvio forçado dos olhos		
3. Campos visuais (estímulo visual, ameaça)	0= normal 1= hemianopsia parcial 2= hemianopsia completa 3= hemianopsia bilateral (cegueira cortical)		
4. Paresia facial (cerrar os dentes e fechar os olhos com vigor)	0= normal 1= paresia mínima 2= paresia parcial (face inferior) 3= paresia total de um ou ambos os lados		
5. Força muscular em membros superiores	0= normal (estende o braço 90° ou 45° por 10s sem cair) 1= membro começa a cair antes dos 10s 2= alguma força contra a gravidade mas não sustenta 3= sem força contra a gravidade 4= sem movimento	D	E

6. Força muscular em membros inferiores	0= normal (MI mantido a 30° por 5s sem queda) 1= membro começa a cair antes dos 5s 2= alguma força contra a gravidade 3= sem força contra a gravidade 4= sem movimento	D	E
7. Ataxia dos membros (Índex-nariz e calcanhar-jelho)	0= sem ataxia 1= ataxia em membro superior ou inferior 2= ataxia em membro superior e inferior		
8. Sensibilidade	0= normal 1= diminuição ligeira a moderada da sensibilidade 2= paciente não reconhece o estímulo (perda severa ou total)		
9. Linguagem (descrever figuras, nomear objetos)	0= normal 1= afasia leve a moderada 2= afasia severa 3= afasia global, mudo		
10. Disartria (ler palavras)	0= normal 1= leve a moderada 2= severa, ininteligível 3= não testável		
11. Inatenção/ Extinção/ Negligência (estímulo visual e sensorial)	0= normal 1= negligência ou extinção em uma modalidade sensorial 2= negligência em mais de uma modalidade sensorial		
NIHSS < 5 Déficit ligeiro 5 < NIHSS < 17 Déficit moderado 17 < NIHSS < 22 Déficit grave NIHSS > 22 Déficit muito grave		PONTUAÇÃO TOTAL=_____	

ANEXO G: Mini Exame do Estado Mental (MEEM)

Mini Exame do Estado Mental - MEEM

Orientação Temporal (05 pontos) Dê um ponto para cada item	Ano		
	Mês		
	Dia do mês		
	Dia da semana		
	Semestre/Hora aproximada		
Orientação Espacial (05 pontos) Dê um ponto para cada item	Estado		
	Cidade		
	Bairro ou nome de Rua próxima		
	Local geral: "Que local é este aqui" (apontando ao redor em sentido mais amplo (hospital, casa de repouso, própria casa)		
	Andar ou local específico: "Em que local nós estamos?" (consultório, dormitório, sala, apontando para o chão)		
Registro (03 pontos)	Eu vou dizer três palavras e você irá repeti-las a seguir:		
	CARRO, VASO, TIJOLO		
Atenção e Cálculo (05 pontos) Dê 1 ponto para cada acerto. Considere a tarefa com melhor aproveitamento.	Subtrair: $100 - 7 = 93 - 7 = 86 - 7 = 79 - 7 = 72 - 7 = 65^*$		
	Soletrar inversamente a palavra MUNDO = O D N U M		
Memória de Evocação (03 pontos)	Quais os três objetos perguntados anteriormente?		
Nomear dois objetos (02 pontos)	Peça para o examinado nomear os objetos mostrados: RELÓGIO e CANETA		
Repetir (01 ponto)	Preste atenção: vou lhe dizer uma frase e quero que você repita depois de mim: "NEM AQUI, NEM ALI, NEM LÁ" **		
Comando de estágios (03 pontos) Dê 1 ponto para cada ação correta	"Pegue este papel com a mão direita (1), dobre-o ao meio (2) e coloque-o no chão (3)" ***		
Ler e executar (01 ponto)	Mostre a frase escrita: "FECHE OS OLHOS" e peça para o indivíduo fazer o que está sendo mandado ****		
Escrever uma frase completa (01 ponto)	Peça ao indivíduo para escrever uma frase ***** Para a correção não são considerados erros gramaticais ou ortográficos		
Copiar diagrama (01 ponto) Considere apenas se houver 2 pentágonos interseccionados (10 ângulos) formando uma figura de quatro lados na interseção	Mostre o modelo e peça para fazer o melhor possível. 		
PONTUAÇÃO FINAL (escore= 0 a 30 pontos)			

Obs.:

* Considere 1 ponto para cada resultado correto. Se houver erro, corrija-o e prossiga. Considere correto se o examinado espontaneamente se autocorrige.

** Considere somente se a repetição for perfeita.

*** Se o examinado pedir ajuda no meio da tarefa não dê dicas.

**** Não auxilie se pedir ajuda ao só ler a frase sem realizar o comando.

***** Se não compreender o significado, ajude com: alguma frase que tenha começo, meio e fim; alguma coisa que aconteceu hoje; alguma coisa que queira dizer