

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

ALEXANDRE TADEU FAÉ ROSA

MOVIMENTOS OCULARES NA LEITURA DE PALAVRAS:
MODULAÇÃO POR ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA

São Paulo

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ALEXANDRE TADEU FAÉ ROSA

MOVIMENTOS OCULARES NA LEITURA DE PALAVRAS:
MODULAÇÃO POR ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo

São Paulo

2008

R788m Rosa, Alexandre Tadeu Faé
Movimentos oculares na leitura de palavras: modulação por
estimulação transcraniana por corrente contínua / Alexandre
Tadeu Fae Rosa –São Paulo, 2009
108 f. : il. ; 30 cm + CD ROM

Dissertação (Mestrado em Distúrbio do Desenvolvimento) -
Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009.
Orientador: Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo.
Referências bibliográficas : f. 93-103.

1. Estimulação Transcraniana. 2. Movimentos oculares.
3. Leitura. Título

CDD 617.7

ALEXANDRE TADEU FAÉ ROSA

MOVIMENTOS OCULARES NA LEITURA DE PALAVRAS: MODULAÇÃO POR
ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo - Orientador
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof^a. Dr^a. Ana Luiza Gomes Pinto Navas
Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo

Dedico este trabalho à Rita, pelo grande amor e felicidade que agora estão mais presentes ainda a cada sorriso do pequeno Bentinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

A Deus que por vezes colocou pedras no caminho, mas nunca deixou de se fazer presente.

Benedito e Zelinda. Meu pai, que sempre desenvolveu em mim o gosto pela arte e pela ciência. Minha mãe, que, ainda hoje, continua me amando e educando.

Rita Rosa, minha esposa, com quem tive as maiores aventuras de minha vida. Obrigado por me aturar, me entender, sorrir para mim e, acima de tudo, me amar.

Alexandre Bento, meu filho que, em seus 8 meses recém completados, faz do seu sorriso a razão da minha existência.

Benedito e Amália por serem mais do que sogros. São meus segundos pais.

Cristiano e Silvia pelo apoio contínuo.

Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo pela orientação, amizade e por me fazer entender a importância deste trabalho em minha vida pessoal.

Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio pelo que, na verdade, foi a co-orientação deste trabalho.

Prof^a. Dr^a Ana Luiza Gomes Pinto Navas pela sua amizade e ajuda que me levou à conclusão deste trabalho.

Prof^a. Dr^a Alessandra Gotuzo Seabra Capovilla e Prof^a. Dr^a Maria de Jesus Gonçalves pela suplência na banca de defesa.

Prof. Dr. Edson Françoso por incentivar o projeto que deu origem a este estudo.

Prof^a. Dr^a. Elcie Salzano Masini pelo carinho e interesse.

Professores do Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, por compartilharem seu imensurável conhecimento: Prof^a. Dr^a. Beatriz Regina Pereira Saeta, Prof. Dr. Décio Brunoni, Prof^a. Dr^a. Elisabeth Becker, Prof. Dr. Geraldo Antônio Fiamenghi Júnior,

Prof. Dr. José Salomão Schwartzman, Prof. Dr. Marcos José da Silveira Mazzotta, Prof^ª. Dr^ª. Silvana Maria Blascovi de Assis, Prof^ª. Dr^ª. Sueli Galego de Carvalho.

Antonio, valoroso amigo, com quem dividi crises e alegrias.

Mestres Anna Carolina Cassiano, Andréa Ladeira, Cintia Perez, Katerina Lukasova, Rita Picinini e Vânia Archanjo, pela amizade e pelas valorosas discussões.

Pesquisadores do laboratório que, de uma forma ou de outra, ajudaram nesta pesquisa: Adriana, Aline, Ana Claudia, Beatriz, Camila, Carolina, Cláudia, Darlene, Fabiana, Ivan, Larissa, Letícia, Livia, Nathalia.

Aos sujeitos de pesquisa cuja colaboração foi essencial para a realização da pesquisa.

Aos colegas do curso de Distúrbios de Desenvolvimento.

Aos meus alunos com quem aprendo a cada dia: Ana Paula, André, Arthur, Bruno, Carlos, Celso, Dan, Isabele, Louise, Mayara, Mônica, Netão, Rapha, Sérgio.

MackPesquisa por financiar os custos da pesquisa.

CAPES por financiar este projeto na forma de bolsa de estudos.

*I sent my soul into the invisible,
Some letter of that after life to spell.
And by and by my soul returned to me
And answered, I myself am heaven and hell.*

- Omar Khayyam (Rubaiyat)

RESUMO

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica capaz de modular a excitabilidade cortical de maneira segura, indolor e não-invasiva. Os efeitos de aumento ou diminuição da excitabilidade obtidos após a aplicação da ETCC dependem da polaridade utilizada (anódica ou catódica). Esta dissertação tem como objetivo investigar os efeitos produzidos pela ETCC na preparação de movimentos sacádicos durante a leitura. No experimento realizado, voluntários saudáveis realizaram uma tarefa de leitura de palavras após terem recebido ETCC anódica, catódica ou placebo em campo visual frontal (CVF) direito. Os resultados mostram que a ETCC catódica em CVF direito piora o desempenho dos sujeitos na realização do primeiro movimento sacádico durante a leitura. Além disso, os resultados revelaram aumento significativo da condição de estimulação catódica em comparação com o placebo e da estimulação catódica em comparação com a anódica com relação ao tempo em que o sujeito fixa o olhar no ponto de referência à esquerda depois do aparecimento dos itens a serem lidos. Ainda, com relação ao tempo médio de leitura de todo o conjunto de palavras, não houve nenhuma diferença significativa para os efeitos principais ou interação.

Palavras-chave: Estimulação Transcraniana, Leitura, Movimentos Oculares.

ABSTRACT

Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) is a technique which is able to modulate cortical excitability in a safe, painless and non-invasive way. The effects of increasing and reduction of the excitability obtained after application of tDCS depend on the polarity which has been used (anodal or cathodal). This dissertation aims at investigating the effects of tDCS on the preparation of saccadic movements in reading. In the experiment, healthy volunteers performed a word-reading task after being exposed to anodal, cathodal or sham tDCS over the right frontal eye field (FEF). The results show that anodal tDCS applied over the right FEF has a delay effect on the performance of the subjects while making the first saccadic movement during reading. Besides, the results show a significant increase of the condition of cathodal stimulation when compared to sham and anodal stimulation related to time in which the subject looks at a fixation mark at the left side after the words appear on the screen. Also, concerning the average reading time of the whole set of words, there was not any significant difference on the main effects or interaction.

Keywords: Transcranial Direct Current Stimulation, Reading, Saccadic Movements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Mecanismo de ação da EMT	22
Figura 2.	Aparelho de Estimulação Magnética Transcraniana	23
Figura 3.	Posicionamento de eletrodos de EEG (sistema internacional 10-20)	29
Figura 4.	<i>Jebsen–Taylor Hand Function Test</i>	35
Figura 5.	Aparato utilizado por Buswell em 1935 para o estudo de movimentos oculares durante a exibição de figuras	38
Figura 6.	Equipamento <i>Tobii® 1750</i> , fabricado pela Tobii Technology	39
Figura 7.	Fóvea humana	41
Figura 8.	Localização do Campo Visual Frontal	45
Figura 9.	Ativações relacionadas a Atenção periférica X Movimento sacádicos	49
Figura 10.	Membros aferente, eferente e intermediário do sistema visosacádico	53
Figura 11A.	Núcleo geniculado lateral no humano	54
Figura 11B.	Córtex estriado (V1) no humano	54
Figura 12.	Localização neuroanatômica do colículo superior no humano	54
Figura 13.	Métodos de ativação antidrômica e ortodrômica	55
Figura 14.	Exemplos de atividade neuronal que podem contribuir em estágios de comportamento visosacádico	56
Figura 15.	Provas de inibição de sacadas	57
Figura 16.	Lobo frontal no humano	58
Figura 17.	Projeções descendentes do Campo Visual Frontal (CVF), da Área Intraparietal Lateral (AIL) e do Córtex Estriado (V1) para o Colículo Superior (CS)	60

Figura 18. Córtex parietal no humano	61
Figura 19. Projeções ascendentes indiretas do núcleo caudado (NC) para o Colículo Superior (CS).....	62
Figura 20. Projeções ascendentes do CS para o córtex	64
Figura 21. Inativação reversível do tálamo mediodorsal	66
Figura 22. Apresentação do grupo de palavras	76
Figura 23. Equipamento utilizado para Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua	77
Figura 24. Sequência de apresentação dos grupos de palavras	79
Figura 25. Sujeito recebendo ETCC em CVF direito e deltóide direito	80
Figura 26. Registro de movimentos oculares durante a leitura de palavras	81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variação percentual em função da condição de estimulação	82
Gráfico 2. Tempo médio do primeiro movimento sacádico na condição Placebo	83
Gráfico 3. Tempo médio do primeiro movimento sacádico na condição Catódica	84
Gráfico 4. Tempo médio do primeiro movimento sacádico na condição Anódica	84
Gráfico 5. Tempo médio antes e depois da ETCC para as três condições	86
Gráfico 6. Tempo médio de fixação na condição Placebo	86
Gráfico 7. Tempo médio de fixação na condição Catódica	87
Gráfico 8. Tempo médio de fixação na condição Anódica	87
Gráfico 9. Tempo médio de leitura da seqüência de palavras na condição Placebo	88
Gráfico 10. Tempo médio de leitura da seqüência de palavras na condição Catódica ..	89
Gráfico 11. Tempo médio de leitura da seqüência de palavras na condição Anódica ...	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Distribuição do total de palavras na prova de leitura	75
Tabela 2.	Valores do tempo dos movimentos sacádicos antes e depois da ETCC nas 3 condições experimentais	82
Tabela 3.	Valores do tempo de fixação antes e depois da ETCC nas 3 condições experimentais	85
Tabela 4.	Valores do tempo médio para leitura dos 4 itens	88

LISTA DE ABREVIATURAS

AAM	Augmented Addressed Morphology
AIL	Área Intraparietal Lateral
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CGS	Circuitaria Geradora de Sacadas
CMP	Córtex Motor Primário
CPFDL	Córtex Pré-Frontal Dorsolateral
CPP	Córtex Parietal Posterior
CS	Colículo Superior
CVF	Campo Visual Frontal
EEG	Eletroencefalografia
EMT	Estimulação Magnética Transcraniana
EMTr	Estimulação Magnética Transcraniana Repetitiva
ETCC	Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua
fMRI	Ressonância Magnética Funcional
JTT	Jebsen–Taylor Hand Function Test
MD	Tálamo Mediodorsal
MT/V5	Área Visual Extraestriada
NGL	Núcleo Geniculado Lateral
PEM	Potencial Evocado Motor
PET	Tomografia por Emissão de Pósitron
rCBF	Fluxo Sangüíneo Cerebral
SNr	Substância Nigra Pars Reticulata
V1	Córtex Visual Primário ou Córtex Estriado

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1.	ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA	21
2.1.1.	Estimulação Magnética Transcraniana	21
2.1.2.	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua	25
2.1.2.1.	Mecanismos de ação da ETCC	26
2.1.2.2.	ETCC e funções visuais	27
2.1.2.3.	ETCC e funções motoras	31
2.2.	ESTUDO DOS MOVIMENTOS OCULARES	36
2.2.1.	Breve relato histórico sobre a utilização das medidas de movimentos oculares	38
2.2.2.	Características básicas dos movimentos oculares no processamento da leitura	40
2.4.	CAMPO VISUAL FRONTAL: PROCESSAMENTO VISUAL E ATENCIONAL	45
2.5.	NEUROANATOMIA DOS MOVIMENTOS OCULOMOTORES	52
2.5.1.	Projeções descendentes do córtex para o CS	55
2.5.2.	Estágios de atividade neuronal relacionados ao comportamento visosacádico	55
2.5.3.	Sinais enviados do córtex frontal para o CS	58
2.5.4.	Sinais enviados do córtex parietal para o CS	59

2.5.5. Sinais enviados indiretamente do córtex para o CS através do gânglio basal.....	61
2.5.6. Sinais enviados do córtex estriado para o CS	63
2.5.7. Projeções ascendentes do CS para o córtex	64
2.5.8. Rota ascendente através do núcleo mediodorsal para o córtex pré-frontal .	64
2.5.9. Rota ascendente através do pulvinar para o córtex visual	66
2.6. TEORIAS SOBRE ACESSO LEXICAL	68
3. Estudo	71
3.4. Objetivo	72
3.5. Método	72
3.6. Resultados	80
3.7. Discussão	90
3.8. Conclusão	91
4. Referências	92
Apêndices	103

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A leitura é um importante meio de comunicação utilizado pelos seres humanos. O crescente espaço que a educação formal vem ocupando torna essa habilidade fundamental para a aquisição do conhecimento, uma vez que ela é um importante instrumento de auto-educação, estimulação cognitiva e acesso à informação (Lukasova, 2007).

A educação formal não tem apenas um papel positivo no desenvolvimento da leitura. Ela é também responsável pelo crescente aumento na detecção dos transtornos de aprendizagem ligados às dificuldades de leitura. Isso é importante, pois indivíduos que apresentam dificuldade na aquisição da leitura logo no início de sua alfabetização têm essa habilidade cada vez mais comprometida à medida que a idade escolar avança. Sujeitos com boas habilidades de leitura no início do processo de alfabetização têm também bom desenvolvimento cognitivo (Stanovich, Nathan *et al.*, 1988). Por outro lado, sujeitos com dificuldades na aquisição da leitura terão também as demais habilidades comprometidas. Grégorie & Piérart (1997) relatam estudos que encontraram correlação entre aquisição de leitura, escrita, inteligência e nível social. Dessa forma, quanto antes for diagnosticado um sujeito com dificuldades de leitura, antes também será iniciada sua reabilitação, evitando uma recuperação tardia e conseqüente perda cognitiva e social considerável (Gregoire e Pierart, 1997).

Uma forma de se estudar as dificuldades de leitura é o estudo dos movimentos oculares. De acordo com pressupostos teóricos discutidos no corpo deste trabalho, algumas razões para o estudo de movimentos oculares durante a leitura seriam que teorias sobre cognição, atenção e processamento visual não seriam completas sem um relato sobre movimentos oculares (Henderson, 2006). Além disso, a mensuração dos movimentos oculares como metodologia vem tomando cada vez mais espaço dentre as ciências cognitivas. Estudos que investigam movimentos oculares durante a leitura mostram que seu padrão em sujeitos que apresentem alguma dificuldade na leitura é diferente do padrão apresentado por bons leitores. Lukasova (2007) registrou os movimentos oculares durante a leitura de palavras e demonstrou que os movimentos oculares em sujeitos com dificuldade na leitura são diferentes em aspectos como: maior duração de fixação e maior número de fixações nas palavras.

No intuito de se investigar se é possível modular a excitabilidade cortical e, dessa forma, melhorar o padrão de movimentos oculares durante a leitura, técnicas de modulação

cortical têm sido utilizadas. Dentre tais técnicas, destaca-se a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC). Os efeitos da aplicação de correntes elétricas com o intuito de se alterar funções neuronais foi introduzido há muitos anos e, mais recentemente, foi resgatado como uma técnica não invasiva para se alterar a atividade cortical em humanos. Os dados obtidos de pesquisas mostram que a ETCC pode induzir efeitos benéficos em distúrbios cerebrais. Além disso, a ETCC é uma ferramenta promissora no estudo da neurociência e do comportamento (Nitsche, Cohen *et al.*, 2008).

Esta dissertação propõe o estudo do padrão de movimentos oculares durante a leitura, após a utilização da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC). Além disso, propõe a utilização da ETCC como **(a)** ferramenta de pesquisa sobre leitura e **(b)** como forma de intensificar as habilidades de leitura em bons leitores. Primeiramente, serão apresentados estudos científicos, principalmente aqueles que se refiram **(I)** às diferenças entre a estimulação magnética transcraniana (EMT) e estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), **(II)** às tecnologias e técnicas de estudo dos movimentos oculares durante a leitura como forma de melhor se entender essa tarefa cognitiva, **(III)** ao papel do campo visual frontal no set preparatório da atenção.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

Para um melhor entendimento do estudo, os tópicos da revisão de literatura foram divididos em: 1) técnicas de modulação cortical, 2) propriedades dos movimentos oculares, 3) neurofisiologia dos movimentos oculares e 4) teorias sobre acesso lexical.

2.1. ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA

Diversas técnicas têm sido utilizadas no intuito de se estudar as relações entre funções cognitivas e estruturas neuronais. Técnicas de estimulação transcraniana são muito precisas na investigação das bases neurobiológicas de diferentes funções cognitivas e suas alterações patológicas. Neste tópico, procuramos expor as diferenças sobre a Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) e a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), além de propor a ETCC como técnica altamente eficaz de modulação cortical.

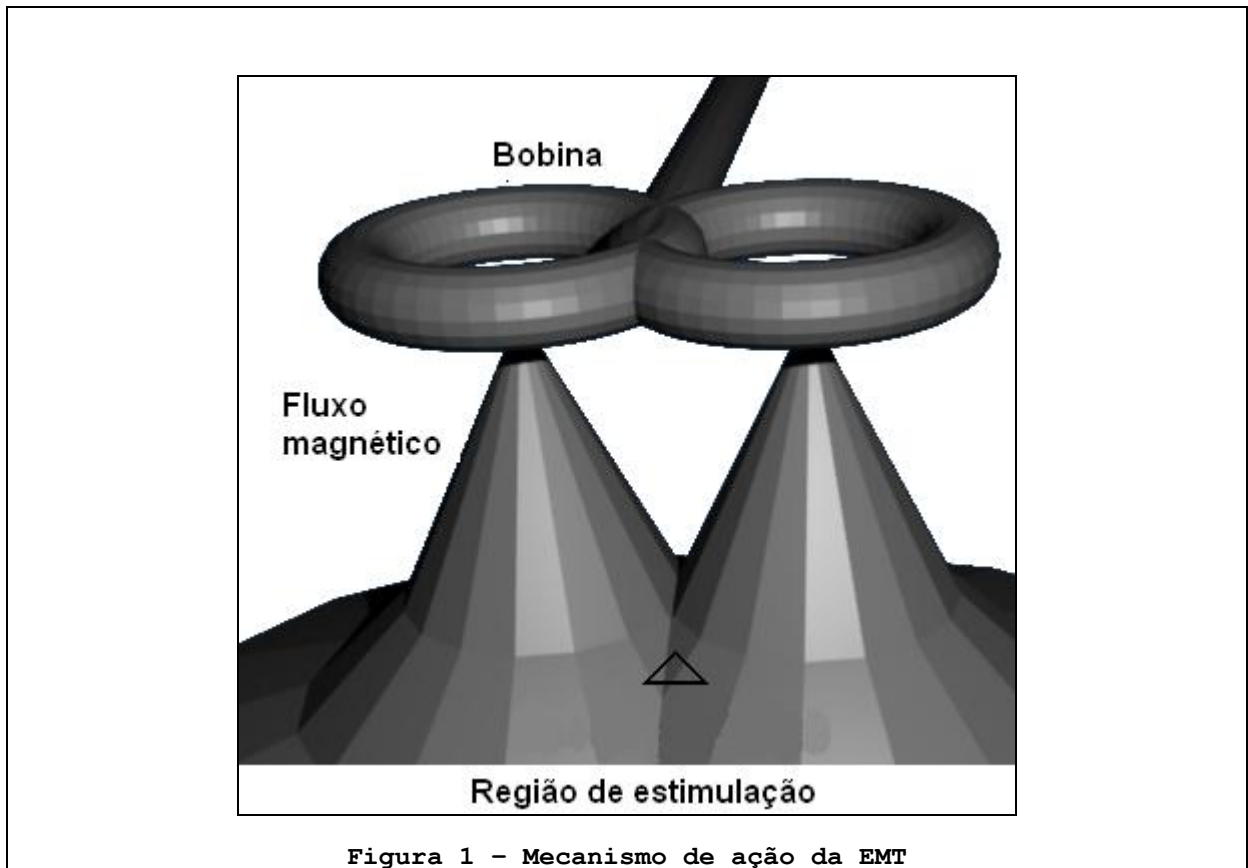
2.1.1. Estimulação Magnética Transcraniana

A Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) baseia-se no princípio de indução eletromagnética do cientista britânico Michael Faraday. Um rápido pulso de corrente através de uma bobina irá gerar um campo magnético. A taxa de mudança desse campo determina a indução de uma corrente secundária em qualquer corpo condutor que esteja próximo. Na EMT, uma corrente passa através da bobina de estimulação que é posicionada próxima à cabeça de um sujeito, imediatamente acima da região que se queira estimular. Nessa forma de condução, o corpo condutor é o cérebro. A corrente é descarregada em uma bobina no formato do número 8 (oito) e essa bobina produz o pulso de EMT de até 2 tesla¹ (fig. 1). Esse pulso tem um pequeno tempo de pico que dura entre 100 e 200 μseg^2 e uma duração de menos de um milissegundo. A indução de um campo elétrico em um tecido neural causa a modulação da atividade neuronal induzida pela EMT. Dos dois tipos de pulso usados em EMT, monofásico e bifásico, o segundo é mais importante na forma da EMT repetitiva (EMTr) pela eficiência da energia. Em um paradigma de lesão virtual, ambos os tipos têm efeitos comportamentais

¹ Unidade do Sistema Internacional para medidas de indução magnética e de densidade do fluxo magnético, correspondente a um fluxo magnético de 1 weber por metro quadrado (símb.: T).

² Microssegundo.

similares (Walsh e Pascual-Leone, 2003). Entretanto, os pulsos repetidos têm algumas vantagens em relação aos pulsos únicos. A estimulação por essa técnica faz com que os neurônios apresentem descargas freqüentes, gerando o subseqüentemente aumento no tempo de refratariedade desses neurônios. Tal efeito pode gerar uma mudança na atividade cortical cerebral da área estimulada por um período prolongado e, portanto, ocasionar efeitos comportamentais (Fregni e Marcolin, 2004).



Os efeitos da atividade neural induzida pela EMT dependem do contexto e da região sobre a qual ela é aplicada. Alguns efeitos da EMT podem ser vistos quando aplicada no córtex visual ou motor. No córtex motor primário, a EMT pode produzir atividade muscular tal como contração. O movimento sistemático da bobina do vértex para uma direção lateral resulta em uma mudança do grupo de músculos afetados, do ombro para o pulso, para a mão, os dedos e, mais lateralmente, a face, de acordo com a representação somatotópica das partes do corpo no córtex motor. No córtex visual, a aplicação da EMT gera fosfenos. Pequenos movimentos da bobina resultam em uma mudança na localização espacial na qual os fosfenos aparecem no campo visual, de acordo com a organização retinotópica do córtex visual. Tais efeitos podem ser utilizados para estudar os caminhos excitatórios e inibitórios, especialmente

no córtex motor (Mills, 1999). Analogamente, quando a EMT é aplicada sobre outras regiões do córtex cerebral, os resultados irão depender da função da área escolhida, logo, efeitos cognitivos e emocionais são possíveis (Pascual-Leone, Tormos *et al.*, 1998; Pascual-Leone, Bartres-Faz *et al.*, 1999).



Figura 2 - Aparelho de Estimulação Magnética Transcraniana

A duração dos efeitos da EMTr é um aspecto importante de se discutir. Estudos mostram que a duração dos efeitos tem uma relação direta com o tempo de tratamento com EMTr. Uma sessão de EMTr modula a atividade cortical por minutos (Romero, Schaefer *et al.*, 2002). Sessões repetidas de EMTr podem ter um efeito prolongado de meses (Dannon, Dolberg *et al.*, 2002). Várias sessões de EMTr são necessárias para anular-se o efeito compensatório (*feedback*) do tecido cerebral (Fregni e Marcolin, 2004).

Resultados preliminares têm mostrado benefícios clínicos na aplicação terapêutica de EMTr. Porém, mais estudos bem controlados e com número suficiente de sujeitos ainda são necessários para se estabelecer uma indicação clínica segura. Já se sabe, no entanto, que a modulação na excitabilidade cortical pode ser a responsável pelos efeitos terapêuticos dessa técnica.

Outro ponto que merece destaque é que a EMTr tem efeito mais pronunciado na atividade cortical de sujeitos que padecem de distúrbios neurológicos ou psiquiátricos do que em sujeitos normais. Uma possível explicação para esse fato seria que o cérebro doente teria um poder de compensação menor para retornar à atividade basal – pré EMTr – do que o

cérebro sadio. Alternativamente, a modulação da atividade em um cérebro patológico poderia restituir a atividade cerebral normal, portanto, mais resistente a possíveis efeitos compensatórios do tecido nervoso (Fregni e Marcolin, 2004).

No tocante às funções lingüísticas, estudos comprovaram a eficácia da EMT na intensificação da habilidade de leitura, principalmente em sujeitos saudáveis. Como exemplo do paradigma de lesão virtual, Epstein (1999), Bartres-Faz et al. (1999) e Stewart et al. (2001) conseguiram induzir o arrastamento da fala em populações de sujeitos sem distúrbios neurológicos (Bartres-Faz, Junque *et al.*, 1999; Epstein, 1999; Stewart, Walsh *et al.*, 2001). Embora o estudo de Epstein sugira que o efeito tenha sido devido à interferência com o córtex motor, os estudos de Bartres-Faz e de Stewart mostram claramente que os efeitos motores puderam ser dissociados dos efeitos da estimulação em regiões relacionadas ao discurso no lobo frontal. Bartres-Faz et al. (1999) e Stewart et al. (2001) localizaram a área crítica necessária para se obter tal efeito pós-estimulação como sendo o giro frontomedial, dorsal até o giro frontal inferior. Tais resultados corroboram os dados de estudos que pesquisaram lesões (Rostomily, Berger *et al.*, 1991), estudos realizados com estimulação elétrica (Penfield, 1959; Ojemann e Mateer, 1979; Ojemann, 1983) e estudos realizados com PET (Ingvar, 1983).

Ainda no que se refere à linguagem, Mottaghy, Sparing & Töpper (2006) puderam observar uma diminuição na latência na nomeação de figuras após EMT de pulso único e EMT repetitiva sobre a área de Wernicke. Os autores concluíram que a EMT de pulso único pode facilitar processos lexicais devido à pré-ativação geral de redes neurais relacionadas à linguagem. A EMT de pulso contínuo aplicada sobre a área de Wernicke também leva a uma facilitação na tarefa, possivelmente pela diminuição do tempo do processamento lingüístico (Mottaghy, Sparing *et al.*, 2006).

Com relação à leitura, Leff e colaboradores (2001) utilizaram a resolução temporal da EMT para isolar as contribuições do córtex parietal posterior (CPP) e do campo visual frontal (CVF) no planejamento e execução de sacadas realizadas à direita durante a leitura. Os autores reportaram que a EMT no CPP esquerdo diminuiu a velocidade de leitura para toda a linha apresentada no experimento, indicando que essa área está envolvida no escaneamento de toda uma linha. A EMTr aplicada sobre o CVF direito aumentou o tempo para se fazer a primeira sacada, mas apenas quando disparada antes de o estímulo aparecer, demonstrando que o papel dessa região é a preparação do escaneamento ocular. Tais resultados são

compatíveis com a hipótese de que o CPP mantém as sacadas por toda a linha de texto enquanto o CVF está envolvido na preparação do plano motor para o escaneamento no início de cada nova linha do texto (Leff, A., Scott, S. *et al.*, 2001).

2.1.2. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

Assim como a EMT, a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) tem sido utilizada como técnica de modulação cortical. Essa técnica vem ganhando destaque em função de seu baixo custo, simplicidade na aplicação e segurança. Segundo Boggio (2006), a ETCC tem sido utilizada em estudos sobre funções visuais, motoras e cognitivas complexas. Os estudos têm investigado áreas primárias e de associação, conforme apresentados nas próximas seções (Boggio, 2006).

A ETCC produz uma variação no potencial de repouso da membrana. O disparo neuronal é facilitado ou inibido de acordo com a polaridade aplicada. Dentro de parâmetros como a intensidade e carga total de corrente, tamanho de eletrodo utilizado e tempo de aplicação, a técnica se mostra segura para a utilização em seres humanos. Algumas vantagens da ETCC em relação à EMT são: o menor custo do equipamento, a facilidade na aplicação da técnica e a não indução de crises convulsivas.

A ETCC tem se mostrado como técnica confiável de modulação de função cortical, capaz de induzir mudanças focais, prolongadas, mas reversíveis de excitabilidade cortical. Estudos que combinaram ETCC com técnicas de imageamento e métodos de mapeamento cerebral (ressonância magnética funcional [fMRI], tomografia por emissão de pósitron [PET] ou eletroencefalografia [EEG], por exemplo) podem trazer *insight* sobre a correlação entre modificação do comportamento e os processos subjacentes de base (Nitsche, Cohen *et al.*, 2008).

A ETCC difere qualitativamente de outras formas de estimulação, tais como a estimulação elétrica transcraniana (EET) e a estimulação magnética transcraniana (EMT), pois não induz potenciais de ação neuronal porque campos estáticos nessa extensão não provocam a rápida despolarização necessária para produzir tais potenciais (Nitsche, Cohen *et al.*, 2008). Portanto, a ETCC é uma técnica de intervenção que modula a atividade neuronal, causando a

despolarização ou a hiperpolarização da membrana, modificando, assim, a excitabilidade neuronal espontânea.

2.1.2.1. Mecanismos de ação da ETCC

A técnica da ETCC consiste na aplicação de uma corrente elétrica de baixa intensidade (até 2mA³), utilizando-se eletrodos posicionados no escalpe. De acordo com a literatura disponível, diversas variáveis podem ter influência nos efeitos da ETCC:

- a) A eficácia da ETCC em induzir modificações agudas da polaridade da membrana está diretamente ligada à densidade da corrente que determina a força do campo elétrico de indução, ou seja, densidades maiores de corrente resultam em efeitos mais fortes da ETCC;
- b) O tempo de estimulação determina a ocorrência e a duração dos efeitos pós-estimulatórios;
- c) O posicionamento dos eletrodos define a orientação do campo elétrico. A corrente segue sempre na direção do cátodo para o ânodo. O ânodo é definido como o eletrodo de carga positiva, enquanto o cátodo é o de carga negativa. Estudos como os de Antal et al. (2004) e Accornero et al. (2007), nos quais o córtex visual primário foi estimulado, concluíram que os efeitos da ETCC em potencial evocado visual eram diferentes quando um dos eletrodos era posicionado no vértex quando comparado com o posicionamento desses eletrodos no pescoço do sujeito (Antal, Kincses *et al.*, 2004; Accornero, Li Voti *et al.*, 2007). Estudos realizados na metade do século passado mostraram que a estimulação catódica reduz o disparo espontâneo de neurônios corticais, provavelmente devido a uma hiperpolarização do corpo celular, dificultando a transmissão do impulso nervoso. Por outro lado, a estimulação anódica tem um efeito inverso (Lolas, 1977), resultando em um aumento do disparo neuronal espontâneo, melhorando a transmissão do impulso nervoso. O mecanismo de ação da ETCC é baseado nas mudanças da função da membrana neuronal (Nitsche, Cohen *et al.*, 2008). Mais recentemente, experimentos realizados em

³ Miliamperes

animais corroboram esses dados, pois mostraram que a polaridade anódica aumentou a atividade de neurônios corticais, enquanto a polaridade catódica reduziu a atividade nesse grupo de neurônios. Por outro lado, percebeu-se que neurônios situados mais profundamente no sulco cortical tiveram efeito oposto.

- d) A direção do fluxo da corrente poderá representar um efeito diferente de estimulação;
- e) A combinação da posição e do número de eletrodos, pois estudos realizados com uma configuração que vai de 2 até 6 eletrodos foram efetivos.
- f) A utilização de soro fisiológico (NaCl) nas esponjas que cobrem os eletrodos para estimulação possibilita uma melhor condutância de corrente e serve também para minimizar o desconforto que pode ser gerado pela estimulação.
- g) A utilização de eletrodos não metálicos (tais como eletrodos de borracha) evita polarização eletroquímica.

Dessa forma, é importante que os protocolos de ETCC estabeleçam rigorosos parâmetros de estimulação, uma vez que, apenas dessa maneira é possível replicar estudos ou obter-se uma comparação entre eles no intuito de melhor se entender essa técnica.

2.1.2.2. ETCC e funções visuais

A ETCC tem sido investigada em diferentes situações de pesquisa. Os aspectos visuais, ao lado dos motores, representam um dos aspectos que mais têm sido pesquisados. Desde funções básicas como sensibilidade ao contraste até funções de ordem associativa como a percepção de movimentos podem ser incluídos nesse rol de pesquisa.

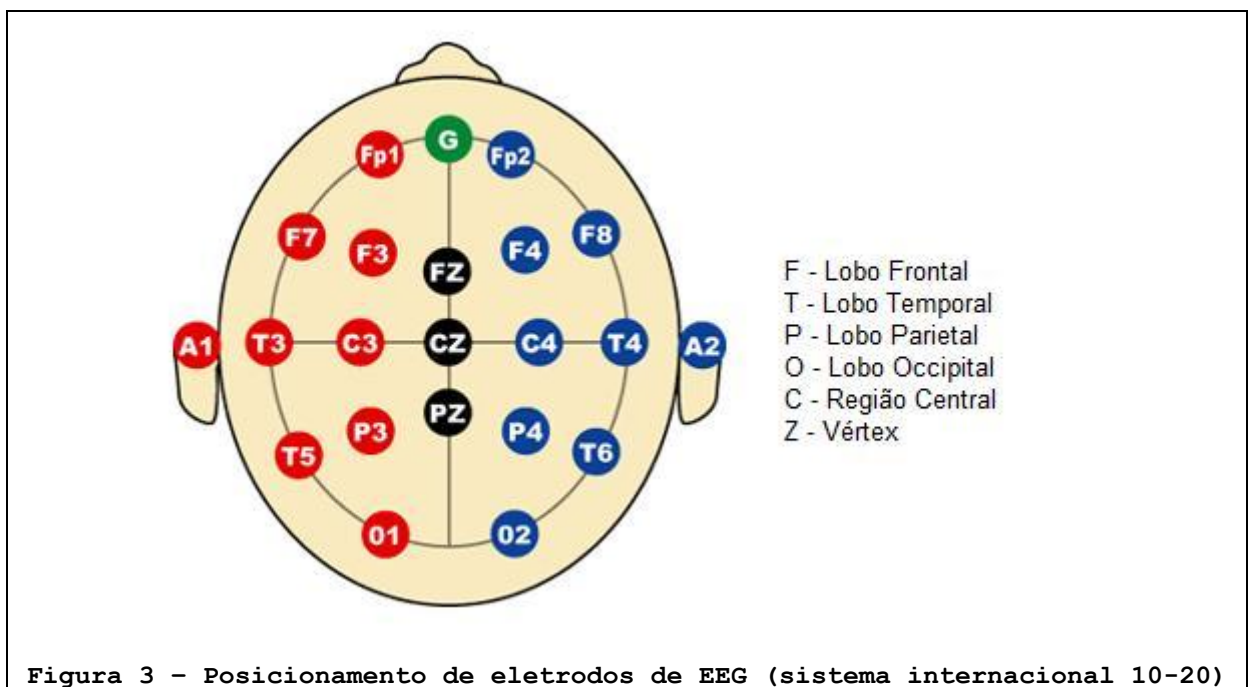
Os estudos de Andrea Antal são os que mais se destacam na investigação de funções visuais utilizando a ETCC. Em 2001, Antal, Nitsche e Paulus investigaram os efeitos da ETCC catódica e anódica aplicada em córtex occipital na sensibilidade ao contraste. Os autores observaram que as funções visuais podem ser temporariamente alteradas pela ETCC. Dessa forma, verificou-se a possibilidade do uso da ETCC como ferramenta de modulação de funções visuais, nesse caso em particular, de funções primárias, de forma não invasiva, indolor, reversível e focal (Antal, Nitsche *et al.*, 2001).

Da mesma forma, Antal et al. (2003a e 2003b), publicaram dois estudos nos quais obtiveram a modulação, através da ETCC, dos limiares para a geração de fosfenos, demonstrando dessa forma, uma variação na excitabilidade do córtex visual (Antal, Kincses *et al.*, 2003; Antal, Nitsche *et al.*, 2003). Nesses artigos, os autores utilizaram a ETCC para produzir mudanças localizadas de excitabilidade cortical do córtex visual através da estimulação anódica e catódica. Para a quantificação das mudanças de excitabilidade de corrente induzida, foram mensurados os limiares para a geração de fosfenos utilizando-se pulsos curtos de 5Hz de estimulação magnética transcraniana (EMT) em 9 sujeitos saudáveis antes, imediatamente após, 10 minutos após e 20 minutos após o final da ETCC. Os limiares para a geração de fosfenos sugerem que houve mudanças de excitabilidade do córtex. Limiares reduzidos foram detectados imediatamente e 10 minutos após o final da estimulação anódica. A estimulação catódica resultou em efeito oposto. Esse estudo demonstra a importância de funções normais do Córtex Visual Primário (V1) para a percepção e a qualidade da movimentação visual.

Em 2004, Antal et al. (2004a) estudaram a facilitação da aprendizagem viso-motora através da ETCC aplicada sobre áreas motoras e extraestriadas visuais em humanos. O objetivo do estudo era determinar se a região temporal medial (V5), uma região extraestriada visual conhecida por mediar o processamento do movimento, e o córtex motor primário estariam envolvidos na aprendizagem de tarefas de coordenação viso-motoras. Para tal estudo, os pesquisadores aumentaram e diminuíram a excitabilidade do V5, do córtex visual primário e do córtex motor primário contralateral através de ETCC anódica e catódica durante a fase de aprendizagem de uma tarefa de busca visual. A porcentagem de movimentos corretos realizados durante a tarefa aumentou significativamente na fase de aprendizagem primária durante estimulação anódica, porém apenas quando o V5 ou o córtex motor primário contralateral foram estimulados. A estimulação catódica não apresentou efeito significativo. Além disso, a estimulação do V1 não foi efetiva na tarefa (Antal, Nitsche *et al.*, 2004).

Ainda em 2004, Antal et al. (2004b), publicaram as evidências eletrofisiológicas das mudanças de excitabilidade induzidas pela ETCC no córtex visual primário. Os potenciais evocados visuais foram mensurados em três canais (Oz, O1 e O2, de acordo com o sistema internacional 10-20 [fig. 3]), com o sistema de escaneamento *Neuroscan SynAmp; NeuroSoft, Sterling, VA*. O eletrodo de referência foi posicionado em Fz e o terra foi posicionado na região supraorbital do sujeito. A aplicação da ETCC em córtex occipital afetou os potenciais

evocados visuais apenas quando estímulos visuais de baixo contraste foram utilizados. A estimulação catódica reduziu a amplitude do componente N70. O efeito da estimulação catódica foi significativo imediatamente após e depois de 10 minutos do final da estimulação, com um período de estimulação variando entre 10 e 15 minutos. Um aumento na amplitude do componente N70 após ETCC anódica foi significativo apenas 10 minutos após a estimulação, com um período de 15 minutos de estimulação. Além disso, a estimulação catódica pareceu afetar a amplitude do componente P100. Contudo, o efeito da estimulação foi inverso. Nesse caso, a amplitude aumentou imediatamente após o final da ETCC catódica. Por outro lado, a ETCC anódica não afetou o componente P100. As latências de ambos os componentes (N70 e P100) não foram afetadas pela ETCC. Esse estudo sugere que a ETCC seja um método apropriado de se induzir mudanças de excitabilidade cortical reversíveis tanto em córtex motor quanto em córtex visual primário. A duração dos efeitos depende não apenas da duração de estimulação, mas também da polaridade utilizada (Antal, Kincses *et al.*, 2004).



Em um terceiro estudo, Antal et al. (2004c) observaram que um aumento na atividade oscilatória das frequências beta e gama (15.625-31-25Hz e 31.25-65.2Hz, respectivamente) na área V1 está bastante relacionado em tempo ao pico do componente N70 do potencial evocado visual (PEV), que é um componente sensório de ativação visual. O registro do PEV foi feito antes e imediatamente após a ETCC. Foram também coletados os potenciais após 10, 20 e 30 minutos da estimulação. A ETCC aplicada na área V1 teve como parâmetros uma intensidade de 1mA e tempo de 10 minutos. Os autores encontraram uma redução significativa do poder

de beta imediatamente e 10 minutos após ETCC catódica; a ETCC anódica resultou em tendência de aumento dessa faixa de frequência. Em relação ao gama, a ETCC com cátodo diminui o poder de maneira significativa imediatamente, 10 e 20 minutos após a estimulação; a ETCC anódica resultou em tendência de aumento dessa faixa de frequência. Para mostrar focalidade da técnica de estimulação, os autores realizaram um grupo controle, no qual a ETCC foi feita 6 cm à esquerda de V1; não foram encontradas alterações significativas nesse caso. Além disso, em função do eletrodo de referência da ETCC ter sido posicionado no vértex (Cz), o resultado obtido no grupo controle excluiu a possibilidade do eletrodo nessa área produzir uma modificação da atividade oscilatória do córtex visual por projeções *top-down*. Os autores discutem a importância desses dados considerando o envolvimento de oscilações de frequências altas (40-60Hz) na atividade neuronal durante processamento de informações subjacentes à análise perceptual, reconhecimento de objetos e aprendizagem (Antal, Kincses *et al.*, 2004).

No que se refere a diferenças de gênero, alguns estudos demonstraram que a excitabilidade cortical pré e pós ETCC é diferente em homens e mulheres. Inghilleri *et al.* (2004) investigaram mudanças em excitabilidade cortical durante o ciclo menstrual. Os pesquisadores constataram que, em mulheres, mudanças hormonais relacionadas ao ciclo menstrual alteram a excitabilidade cortical. Isso se deve aos baixos níveis de estrogênio que provavelmente reduzem a excitabilidade devido à sua limitada ação nos canais de sódio que reduzem o recrutamento de interneurônios excitatórios. Por outro lado, altos níveis de estrógeno aumentam a excitabilidade do córtex (Inghilleri, Conte *et al.*, 2004). Kuo *et al.* (2006) exploraram as diferenças de neuroplasticidade nos gêneros durante e após a ETCC. Os autores observaram que em mulheres a diminuição da excitabilidade após os efeitos da estimulação catódica foi relevantemente mais prolongada quando comparada com o grupo de homens. Da mesma forma, durante ETCC de curto tempo que não causa efeitos posteriores, o grupo de mulheres mostrou maior inibição neuronal. Por outro lado, não houve diferenças significativas entre homens e mulheres na melhora da excitabilidade cortical após a ETCC anódica. Tais resultados sugerem que há diferenças de sexo na modulação da plasticidade cortical humana, possivelmente devidas a efeitos dos hormônios sexuais (Kuo, Paulus *et al.*, 2006). Mais tarde, Chaieb *et al.* (2008) analisaram dados de pré e de pós ETCC de experimentos previamente conduzidos para investigar os efeitos neuroplásticos entre os gêneros. O potencial evocado visual, os limiares para a geração de fosfenos e medidas de

sensibilidade ao contraste foram usados como indicadores da excitabilidade do córtex visual primário. Os dados revelaram que os efeitos de excitabilidade induzidos pela polaridade catódica 10 minutos após a estimulação não foram significativos entre os gêneros. Entretanto, a estimulação anódica revelou efeitos específicos no sexo: as mulheres tiveram um aumento de excitabilidade cortical após estimulação anódica quando comparadas ao grupo de homens. Não houve diferença significativa entre os grupos imediatamente após a estimulação. Esses resultados indicam que há diferenças no córtex visual humano entre os gêneros e sugerem que tais diferenças estão sujeitas às influências dos neurotransmissores moduladores ou a hormônios gonadais que espelham os efeitos neuroplásticos de curto termo (Chaieb, Antal *et al.*, 2008).

As pesquisas realizadas em córtex visual através de estimulação transcraniana demonstram a possibilidade de modulação cortical por meio de técnicas não invasivas.

2.1.2.3. ETTC e funções motoras

Ao lado das aplicações em funções visuais, a utilização da ETCC em córtex sensório motor tem sido investigada com grande ênfase, pois estudos comprovam que altos índices de modulação cortical têm sido obtidos através da aplicação dessa técnica.

Em 2000, Nitsche & Paulus (2000) demonstraram a possibilidade de modulação não-invasiva da excitabilidade do córtex motor através da aplicação de corrente direta de baixa intensidade no escalpe. A mensuração da excitabilidade cortical foi feita com a análise de potenciais evocados motores produzidos com estimulação magnética transcraniana no córtex motor. Além de um aumento na excitabilidade pós ETCC anódica e uma diminuição pós ETCC catódica, os autores observaram que os efeitos duraram até 5 minutos após o final da estimulação. Ainda, a duração dos efeitos posteriores pôde ser controlada através da variação da intensidade da corrente e do tempo de aplicação. Os autores argumentam que a ETCC pode ser utilizada como ferramenta de modulação de excitabilidade cortical de forma não-invasiva, indolor, reversível, seletiva e focal (Nitsche e Paulus, 2000).

Niestche et al. (2003a) realizaram um estudo com o objetivo de induzir redução de excitabilidade cortical motora prolongada através da ETCC. Para tanto, utilizaram ETCC catódica sobre a região motora primária de 5 a 9 minutos em 12 sujeitos saudáveis. A

excitabilidade corticoespinal foi testada através de EMT de pulso simples. A ETCC e os reflexos de Hoffmann foram utilizados para se saber a origem das mudanças de excitabilidade. ETCC de 5 e de 7 minutos resultou na redução de excitabilidade cortical motora, que durou por minutos após o final da estimulação. ETCC de 9 minutos induziu efeitos posteriores por até 1 hora após a estimulação. Os autores concluíram que a ETCC catódica é capaz de induzir reduções de excitabilidade prolongadas no córtex motor humano (Nitsche, Nitsche *et al.*, 2003).

Em outro estudo, Nitsche *et al.* (2003b) investigaram o nível de ação da ETCC catódica em córtex motor humano. A proposta do estudo foi investigar o nível de polarização da corrente que afeta a excitabilidade do sistema corticoespinal. Os resultados revelaram que a ETCC catódica diminuiu os potenciais motores evocados por um tempo prolongado, depois do término da estimulação. A ETCC catódica poderia hiperpolarizar o corpo da célula e a região inicial dos neurônios piramidais, reduzindo a resposta a outros estímulos. A presença de efeitos de longo prazo nessa pesquisa parece refletir o envolvimento de mecanismos sinápticos específicos. De uma perspectiva clínica, a diminuição prolongada da excitabilidade cortical poderia ser útil para futuros tratamentos de patologias neurológicas, nas quais a excitabilidade cortical patológica aumentada pode ocorrer (Nitsche e Paulus, 2000).

Rogalewski *et al.* (2004) compararam a discriminação tátil antes, durante e depois da aplicação da ETCC durante 7 minutos, com intensidade de 1mA em 13 indivíduos saudáveis. A ETCC catódica induziu uma diminuição prolongada da discriminação tátil, enquanto a ETCC anódica e placebo não apresentaram alterações significativas. Assim, os autores concluíram que funções perceptuais e comportamentais podem ser moduladas pela ETCC (Rogalewski, Breitenstein *et al.*, 2004).

Matsunaga *et al.* (2004) estudaram os efeitos da ETCC anódica e catódica aplicada no córtex sensorio-motor sobre os potenciais evocados sensorio-motores (PESs) em 8 sujeitos saudáveis. PESs foram obtidos através de estimulação elétrica do nervo mediano esquerdo ou direito do pulso antes e depois da ETCC. A ETCC foi aplicada por 10 minutos a uma densidade de 1mA. Os autores descobriram que as amplitudes de P25/N33 e N33/P40 (componentes parietais) e de P22/N30 (componente frontal) após estimulação do nervo mediano direito eram significativamente aumentadas por pelo menos 60 minutos após a estimulação anódica, enquanto que P14/N20, N20/P25 (componentes parietais) e N18/P22

(componentes frontais) não foram afetados. Não houve efeito quando a estimulação foi feita no nervo mediano esquerdo. Além disso, não foi obtido efeito algum nos PESs após ETCC catódica. Assim como outros autores, Matsunaga e colaboradores argumentam sobre a capacidade de a ETCC modular o processamento somato-sensório cortical e afirmam que essa pode ser uma ferramenta útil para se induzir plasticidade no processamento sensório cortical (Matsunaga, Nitsche *et al.*, 2004).

Assim como Matsunaga e colaboradores (2004), Dieckhöfer *et al.* (2006) observaram que a ETCC tem influência na excitabilidade do córtex motor, medida através de potenciais evocados motores (PEMs), após aplicação de EMT. Componentes de baixa e de alta frequência dos potenciais evocados sensório motores foram estudados para se saber se algum efeito poderia ser observado após aplicação de ETCC no córtex somato-sensório. Em uma primeira sessão, os PEMs do nervo mediano foram gravados antes e após a aplicação da ETCC de 1mA por um período de 9 minutos com o cátodo posicionado sobre o córtex somato-sensório e o ânodo sobre a região supraorbital contralateral e vice-versa em uma segunda sessão. Os resultados obtidos demonstram que após ETCC catódica houve uma redução significativa da amplitude do componente N20, indicando uma redução de excitabilidade do córtex somato-sensório (Dieckhöfer, Waberski *et al.*, 2006).

Lang *et al.* (2004) estudaram os efeitos da ETCC aplicada sobre o córtex motor na excitabilidade corticoespinal e transcalosa. Nesse estudo, os autores queriam descobrir se a ETCC aplicada sobre o córtex motor primário (CMP) esquerdo poderia também produzir efeitos distantes do local de estimulação. Dessa forma, foi testada a excitabilidade corticoespinal no CMP esquerdo e direito e a excitabilidade transcalosa entre os dois córtices utilizando a EMT antes e depois da aplicação da ETCC. Oito sujeitos receberam ETCC anódica ou catódica por 10 minutos a uma densidade de 1mA no CMP esquerdo. Foram examinadas a amplitude dos potenciais evocados motores (PEMs) contralaterais e o início da latência e duração da inibição transcalosa com EMT de pulso único. PEMs obtidos pela ETCC foram aumentados em 32% após ETCC anódica e diminuíram 27% após ETCC catódica, enquanto a inibição transcalosa evocada do CMP esquerdo permaneceu sem modificações. Os efeitos nos PEMs do CMP esquerdo duraram mais na ETCC catódica do que na anódica. PEMs evocados do CMP direito permaneceram sem modificações enquanto a duração da inibição transcalosa evocada do CMP direito foi diminuída após ETCC catódica e prolongada após ETCC anódica. Os autores concluíram que os efeitos induzidos pela ETCC

no sistema motor cortical são limitados ao hemisfério estimulado e que a ETCC não apenas afeta circuitos corticoespinhais envolvidos na produção de PEMs, mas afeta também interneurônios inibitórios que mediam a inibição transcalosa do hemisfério contralateral (Lang, Nitsche *et al.*, 2004).

Baseados nessa conclusão, Lang *et al.* (2005) estudaram como a ETCC do CMP altera a atividade neural da região estimulada. Em 16 voluntários saudáveis, a utilização de PET na medição do fluxo sanguíneo cerebral regional (rCBF) em descanso e durante o movimento dos dedos foi utilizada para mapear mudanças na atividade sináptica regional após 10 minutos de ETCC ($\pm 1\text{mA}$). ETCC bipolar foi aplicada sobre a região motora primária esquerda e o córtex frontal direito. Oito sujeitos receberam ETCC anódica ou catódica na região motora primária. Quando comparados ao grupo placebo, a ETCC anódica e catódica induziu aumento e diminuição do rCBF em áreas corticais e subcorticais, respectivamente. Tais mudanças em rCBF eram da mesma magnitude das mudanças em rCBF relacionadas a tarefas de movimento dos dedos e permaneceram estáveis por um período de 50 minutos de PET *scan*. O aumento do rCBF após ETCC foi encontrado no CMP esquerdo e córtex sensorio-motor primário direito, independentemente da polaridade aplicada. Com exceção de algumas áreas posteriores e ventrais, a ETCC anódica aumentou o rCBF em muitas regiões corticais e subcorticais. Apenas o córtex pré-motor dorsal esquerdo demonstrou um aumento de atividade relacionada ao movimento após ETCC catódica. Dessa forma, esse estudo indicou que a ETCC pode ser um instrumento efetivo para provocar mudanças na atividade neuronal regional (Lang, Siebner *et al.*, 2005).

Processos de intervenção em funções motoras também têm sido investigados com a utilização da ETCC. Hummel *et al.* (2005) realizaram um estudo no qual testaram se a ETCC aplicada sobre o córtex motor poderia melhorar a função motora em mão parética de pacientes com acidente vascular cerebral (AVC). A função da mão foi mensurada utilizando-se o *Jebsen-Taylor Hand Function Test* (JTT), um teste para a avaliação motora funcional que reflete as atividades do dia-a-dia (fig. 4). A mensuração feita pelo JTT na mão parética mostrou um efeito de melhora significativa com a aplicação da ETCC em todos os pacientes. Tal efeito foi correlacionado com um incremento na excitabilidade cortical motora do hemisfério afetado, expressada pelo aumento das curvas de recrutamento e reduzidos intervalos de inibição intracortical. Esses resultados documentam um efeito benéfico da ETCC em uma série de funções de uso da mão que imitam atividades diárias e sugerem que

essa estratégia intervencional, combinada com tratamentos de reabilitação costumeiros podem ter um papel importante na neuroreabilitação (Hummel, Celnik *et al.*, 2005).



Figura 4 - Jebsen-Taylor Hand Function Test

Ainda investigando processos de intervenção de funções motoras, Fregni *et al.* (2005) realizaram um estudo em pacientes pós-AVC. Os autores investigaram se a redução da excitabilidade no hemisfério não afetado pelo AVC através da ETCC poderia resultar na melhora do desempenho motor. Concluíram que a estimulação catódica do hemisfério não afetado e anódica do hemisfério afetado melhoraram significativamente o desempenho motor. Tais resultados sugerem que a modulação apropriada das estruturas cerebrais bi-hemisféricas podem promover a reabilitação da função motora (Fregni, Boggio *et al.*, 2005).

Ainda na linha de reabilitação de funções motoras, Boggio (2006) pesquisou grupos de voluntários saudáveis e de pacientes com doença de Parkinson ou vítimas de Acidente Vascular Cerebral (AVC) com o objetivo de verificar se a ETCC pode ser utilizada como ferramenta de investigação em Neuropsicologia. Em relação ao controle motor, a ETCC interferiu no desempenho apenas da mão não dominante de voluntários saudáveis e melhorou o funcionamento da mão parética de pacientes pós-AVC. Nesse caso, a ETCC produziu melhor desempenho da função motora tanto pela estimulação anódica do hemisfério lesionado quanto da estimulação catódica do hemisfério saudável. O autor demonstra ainda que os efeitos da ETCC dependem da polaridade, da região estimulada, do tempo de estimulação e da intensidade da corrente utilizada (Boggio, 2006).

Em um segundo estudo, Boggio *et al.* (2007) observaram que sessões contínuas de ETCC foram eficazes na reabilitação de pacientes com AVC. No primeiro experimento, seis

participantes foram submetidos à estimulação anódica, catódica e placebo, em quatro sessões semanais. No segundo experimento, cinco participantes foram submetidos a cinco sessões diárias consecutivas de ETCC catódica no hemisfério não afetado. Os resultados indicam que a ETCC em ambos os hemisférios pode melhorar a função motora, corroborando dados de Fregni et al (2005), Hummel et al. (2005) e Boggio et al. (2006). Esse estudo revelou que a utilização repetida de ETCC com intervalos de 24 horas não causou efeitos indesejados (Boggio, Nunes *et al.*, 2007).

Dessa forma, as pesquisas realizadas em área de córtex motor, assim como as realizadas em córtex visual, revelam que a ETCC pode modular a excitabilidade cortical, sendo de extrema valia nos processos de diagnóstico e de reabilitação de transtornos nessas regiões.

2.2. ESTUDO DOS MOVIMENTOS OCULARES

Há várias razões para se expor sobre a importância do estudo dos movimentos oculares. Uma das razões é que teorias completas sobre a cognição humana, sobre a atenção visual e sobre o processamento visual devem incluir um relato sobre movimentos oculares (Henderson, 2006). Além disso, a mensuração dos movimentos oculares como metodologia vem tomando cada vez mais espaço dentre as ciências cognitivas.

Quando nos referimos à cognição, a visão humana é um processo dinâmico no qual o observador ativamente busca por informação visual para suprir necessidades de sua atividade mental e comportamental. Na verdade, virtualmente todos os animais com um sistema visual desenvolvido controlam ativamente seus movimentos de busca ocular utilizando movimentos de olhos, cabeça e corpo unicamente ou em combinação (Land, 1999). A visão ativa assegura que informação visual de alta qualidade esteja disponível para que se possa manter o processamento perceptual e cognitivo, assim como a atividade comportamental, e pode simplificar o que poderia ser uma grande variedade de problemas computacionais em visão e cognição. Dessa forma, na elaboração de uma teoria completa sobre a cognição humana, portanto, seria importante se entender (1) como os processos visuais e cognitivos controlam, em tempo real, a direção dos olhos a serviço da mente e (2) como os processos visuais e cognitivos são afetados pela localização para a qual os olhos estão sendo dirigidos em determinado momento.

Assim como uma teoria sobre a cognição deveria incluir uma exposição sobre movimentos oculares, uma teoria sobre a atenção visual também necessita de uma explanação sobre tais processos. Sabe-se que a atenção tem um importante papel na habilidade humana de se internalizar e processar informação visual. Embora a atenção visoespacial possa ser investigada independentemente dos movimentos oculares, o caso mais natural é aquele no qual sistemas atencionais ocultos (sistemas internos não relacionados a modificações físicas na orientação dos receptores) e os movimentos oculares trabalham juntos. O estudo da atenção independente dos movimentos oculares pode induzir ao erro. Dessa forma, se não forem idênticos, o controle da atenção e o controle dos movimentos oculares estão fortemente ligados (Henderson, 2006).

Uma teoria sobre o processamento visual também deve incluir uma explanação sobre os movimentos oculares. Os limites da atenção não são impostos pelas propriedades físicas dos receptores visuais, com fatores tais como acuidade visual e mascaramento lateral colocando restrições severas no total e no tipo de informação que pode ser adquirida de uma cena visual complexa durante determinada fixação. Esse fato pode ser observado na leitura, onde a necessidade de se extrair altas frequências espaciais torna necessária a fixação da maioria das palavras. Como a percepção de letras é restrita a uma região bastante limitada a partir de sua fixação, os olhos devem ser ativamente guiados pelo texto durante a leitura (Rayner, 1998). Da mesma forma, a aquisição de detalhes visuais mais amplos é similarmente limitada.

Como ferramenta metodológica, os movimentos oculares fornecem um índice discreto, sensível e comportamental do processamento visual e cognitivo. Esse fato tem sido explorado por estudos dos processos perceptuais, cognitivos e lingüísticos na leitura (Rayner, 1998) e para um menor, mas significativo grau no estudo de percepção do mundo real (Hollingworth e Henderson, 1998; Henderson, 2006). Nos últimos anos, os movimentos oculares têm sido utilizados para o estudo de uma grande variedade de processos visuais e cognitivos, tais como a busca visual (Macedo, Covre *et al.*, 2007). Recentemente, o estudo dos movimentos oculares se tornou uma ferramenta central no estudo da produção e da compreensão da linguagem (Lukasova, 2007; Macedo, Covre *et al.*, 2007).

2.2.1. Breve relato histórico sobre a utilização das medidas de movimentos oculares

De acordo com Rayner (1998), os estudos de movimentos oculares para se investigar processos cognitivos encontram-se em sua 3ª geração e, segundo o autor, o sucesso da pesquisa nessa geração depende muito da engenhosidade dos pesquisadores ao elaborar estudos interessantes e informativos.

A primeira geração de pesquisa em movimentos oculares surgiu com as observações do oftalmologista francês Louis Émile Javal (1839 – 1907) quando estudou o papel dos movimentos oculares na leitura em 1879. Javal foi o primeiro a descrever movimentos oculares durante a leitura e a reportar que os olhos não se movem continuamente pela linha do texto, mas fazem pequenos movimentos rápidos (sacadas) intercalados com rápidas paradas (fixações). As observações de Javal sobre os movimentos oculares eram feitas a olho nu, sem a utilização de qualquer tecnologia. Durante essa primeira geração, muitos fatos sobre movimentos oculares foram descobertos. Além dos supra mencionados (sacadas e fixações), a supressão sacádica (fato de não se perceber informação durante um movimento ocular), a latência da sacada (o tempo que se leva para iniciar um movimento ocular) e o tamanho do *span* perceptual (a região de visão efetiva) foram estudados nessa época.



Figura 5 - Aparato utilizado por Buswell em 1935 para o estudo de movimentos oculares durante a exibição de figuras.

(Extraído de Henderson, 2006)

A segunda geração dos estudos dos movimentos oculares coincide com o movimento behaviorista na psicologia experimental. Nessa época, pouca pesquisa foi realizada com movimentos oculares no intuito de se estudar processos cognitivos (Rayner, 1998). A maior parte dos estudos, principalmente do final dos anos 50 até a metade dos anos 70, focava nos movimentos oculares per si, isto é, nos aspectos mais superficiais das tarefas que eram investigadas e não se preocupava em inferir sobre os processos que subjaziam tais tarefas.

A terceira geração de pesquisas sobre movimentos oculares começou na metade dos anos 70 e segue até hoje. É uma geração marcada pelo desenvolvimento da tecnologia relacionada a movimentos oculares. Tecnologia essa que possibilitou que a mensuração dos movimentos oculares fosse mais acurada e mais simples de ser obtida. Numerosos trabalhos surgiram como métodos de se analisar dados sobre movimentos oculares (ver Rayner, 1998) e muito se sabe sobre as características de diversos sistemas de *eye tracking* (ver Henderson, 2006). Além disso, essa terceira geração trouxe avanços tecnológicos que tornaram possível a utilização de computadores com os quais muitos dados podem ser obtidos e posteriormente analisados. Dentre as pesquisas mais frequentes utilizando essas tecnologias estão os estudos sobre o desenvolvimento de teorias gerais do processamento da linguagem. Os movimentos oculares são utilizados para o exame crítico dos processos cognitivos que subjazem a leitura.

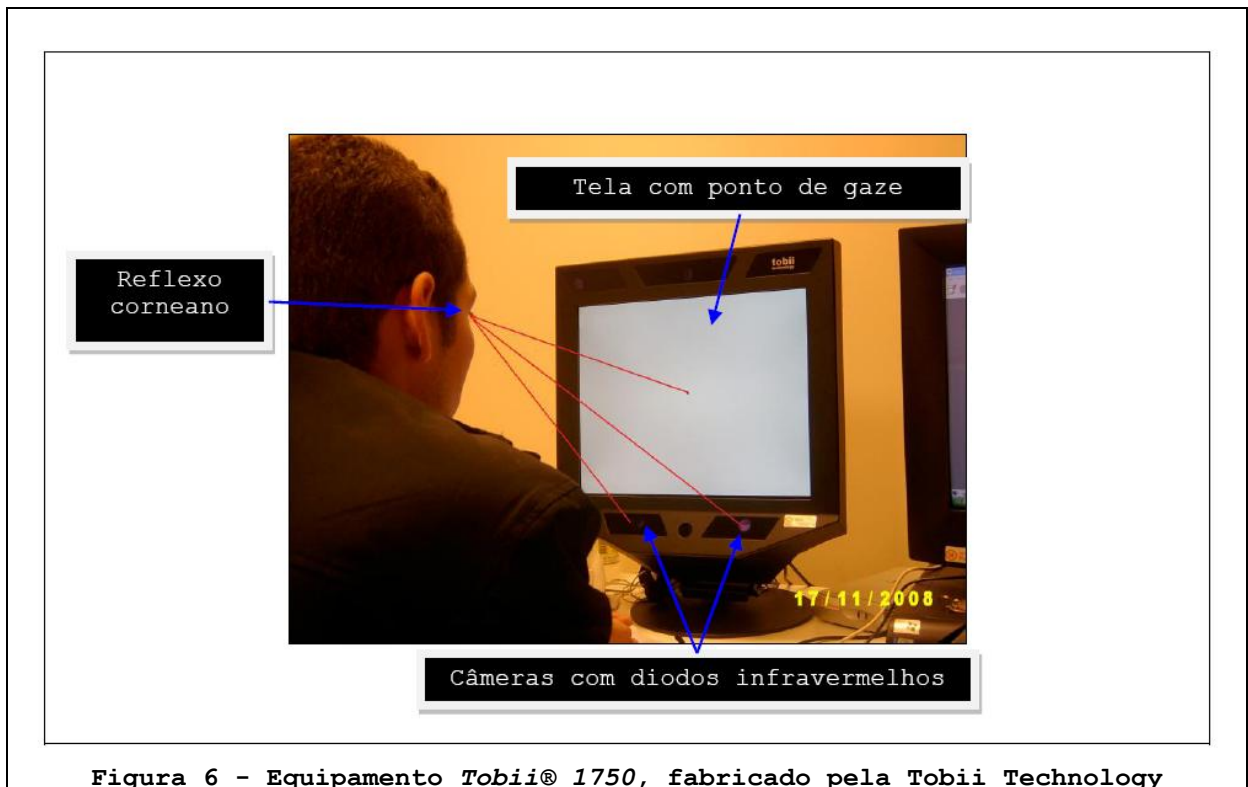


Figura 6 - Equipamento Tobii® 1750, fabricado pela Tobii Technology

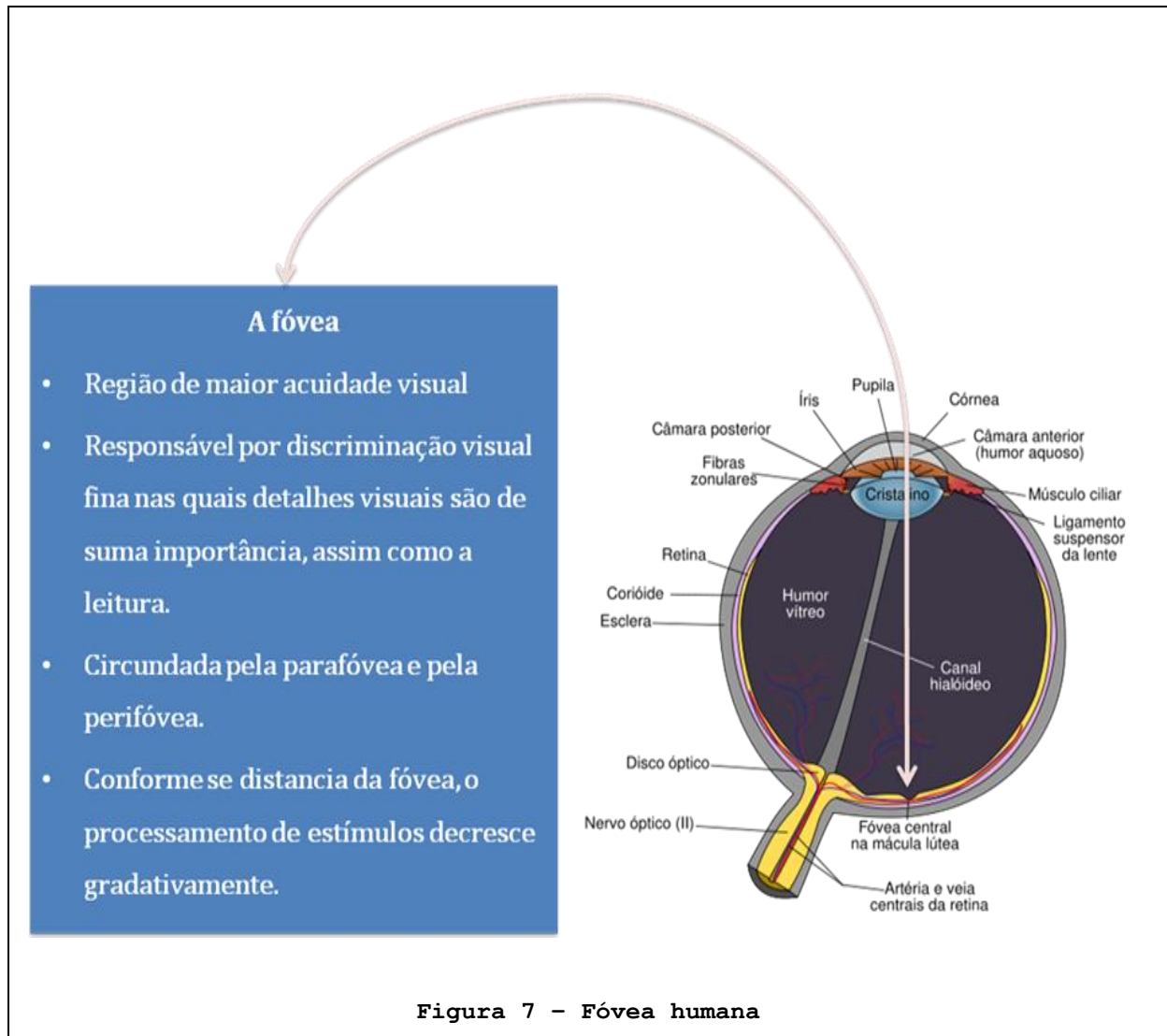
2.2.2. Características básicas dos movimentos oculares no processamento da leitura

Uma das tarefas mais habituais em nosso cotidiano é a busca visual, utilizada em praticamente todas as tarefas diárias. Como visto anteriormente, pesquisas surgiram com o intuito de se explicar o que torna uma busca visual eficiente (cf. Henderson, 2006). A eficiência da busca visual depende não apenas das características do estímulo, mas também dos distratores que se apresentam nesse momento. Diferenciação de características mais básicas, como cor ou tamanho diferentes do distrator tornam a busca visual mais eficiente, principalmente se os distratores apresentarem homogeneidade quanto a essas características. Similarmente, traços como orientação, movimento e curvatura também auxiliam numa busca visual efetiva, assim como propriedades abstratas, tais como familiaridade ou não do sujeito em relação ao estímulo (Macedo, Covre *et al.*, 2007).

O controle dos movimentos oculares durante o processamento da leitura tem sido objeto de investigação em Ciências Cognitivas, no intuito de se inferir sobre os fenômenos lingüísticos que subjazem essa tarefa (Rayner, Sereno *et al.*, 1996). Muito dessa literatura tem demonstrado que os movimentos oculares estão intimamente relacionados às atividades de processamento cognitivo momento-a-momento do leitor. Macedo e colaboradores (2005), por exemplo, demonstraram que o movimento ocular durante a leitura adquire um padrão específico diferente daquele observado em outros tipos de tarefas (Macedo, Capovilla *et al.*, 2005).

Para um melhor entendimento sobre como funciona a busca visual durante a leitura, é necessário conhecer um pouco sobre o campo visual humano. O campo visual humano divide-se em três regiões: a fóvea, a parafóvea e a perifóvea. A primeira é a parte central do olho, localizada no centro da mácula. Ela é a região de maior acuidade visual e é responsável por atividades nas quais detalhes visuais são de suma importância, assim como a leitura. A fóvea é circundada pela parafóvea e pela perifóvea. Conforme se distancia da fóvea, o processamento de estímulos decresce gradativamente. O processamento foveal se refere à análise da palavra que incide na fóvea durante a fixação. Já o processamento parafoveal refere-se à inspeção da área proximal da fixação em direção da leitura. A informação visual do processamento parafoveal é usada para o planejamento da sacada seguinte. A função primária de uma sacada é trazer uma nova região do texto para a visão foveal, o que possibilitará uma análise detalhada daquilo que se lê, uma vez que apenas a leitura parafoveal e perifoveal é impossível.

Estudos com leitores experientes mostraram que a leitura se mantém fluente, quando no mínimo as três primeiras letras da palavra seguinte estão disponíveis para o processamento parafoveal (Rayner, 1998).



Mielliet & Sparrow (2004), manipulando ortográfica e fonologicamente as palavras que seriam processadas parafovealmente, demonstraram que o processo de leitura em bons leitores não ocorre de forma seqüencial. Os autores mostraram que o processamento parafoveal extrai informações que são, posteriormente, combinadas com as informações da fóvea e concluíram que tanto a informação ortográfica como a informação fonológica têm efeito facilitador no processamento foveal (Mielliet e Sparrow, 2004). Há evidências que sugerem que a atenção precede uma sacada para um dado lugar no espaço (Rayner, Mcconkie *et al.*, 1978; Hoffman e Subramaniam, 1995). Dessa forma, os olhos do leitor movem-se em um número de sacadas pela sentença, colocando alta acuidade foveal em cada palavra para

que se obtenha o reconhecimento de sua forma (Rayner e Bertera, 1979). Além disso, em sujeitos que lêem da esquerda para a direita, típico em línguas ocidentais, a atenção é focada a cada nova palavra à direita da frase e se distancia das palavras à esquerda. Ainda, os sujeitos tendem a saltar palavras pequenas com pouco conteúdo semântico (por exemplo: artigos e conjunções), uma vez que tais palavras podem ser inferidas através do contexto frásico e a visão parafoveal pode ser suficiente para confirmar sua identidade através do formato e do tamanho da palavra. No entanto, o maior papel da visão parafoveal à direita durante a leitura é o planejamento para a próxima sacada, para que a visão foveal seja direcionada para a melhor posição de leitura da próxima palavra, otimizando o processo da leitura (Nazir, Heller *et al.*, 1992).

Os padrões de movimentos oculares na leitura, no entanto, podem variar de acordo com a tarefa de leitura. Por exemplo, os movimentos oculares na leitura diferem até mesmo quando a leitura é silenciosa ou em voz alta (Rayner, 1998). Em língua inglesa, enquanto a média do tempo de fixação na leitura silenciosa é de 225ms, com uma sacada de 2 graus (aproximadamente 8 letras), a média do tempo de fixação na leitura em voz alta é de 275ms, sendo que a sacada toma 1.5 graus (aproximadamente 6 letras). Entretanto, nem todas as palavras de um texto são fixadas. Palavras que apresentam conteúdo são fixadas 85% do tempo, enquanto palavras que apresentem funções sintáticas, por exemplo, são fixadas apenas 35% das vezes, pois elas são menores e há uma relação clara entre tamanho e tempo de fixação.

Além do tempo de fixação, dados obtidos em língua inglesa mostram que aproximadamente entre 10 e 15% das sacadas são regressivas, o que indica que o leitor possa ter tido dificuldade na leitura de uma determinada palavra ou de uma sentença e não ter entendido o texto de forma eficaz. Sacadas regressivas curtas, em uma única palavra, se prestam a uma nova decodificação da palavra, a fim de garantir a compreensão de seu conteúdo. Sacadas mais longas servem para garantir a apreensão do significado em uma instância textual maior, como uma frase. No entanto, bons leitores têm sucesso em fazer tais sacadas precisamente para a parte do texto que lhes tenha causado problemas na interpretação, enquanto os maus leitores realizam pequenas sacadas regressivas para encontrarem o alvo de suas dificuldades (Murray e Kennedy, 1988).

Tanto fixações quanto sacadas, no entanto, dependem de algumas variáveis psicolinguísticas. No Brasil, em língua portuguesa, Macedo e colaboradores (2006) controlaram a frequência, o comprimento e a regularidade em um estudo no qual universitários deveriam ler palavras isoladas (Macedo, Lukasova *et al.*, 2006). Os resultados mostraram que essas variáveis psicolinguísticas, com exceção da regularidade, influenciaram o número de fixações, o tempo da primeira fixação e o tempo total das fixações nas palavras. O tempo da primeira fixação e tempo de fixação total aumentou de acordo com a familiaridade do leitor com a palavra, sendo ele mais curto nas palavras de alta frequência e mais longo nas pseudopalavras. Esse efeito de frequência também aparece em outras línguas, conforme apontado por Rayner (1998). As palavras curtas frequentemente receberam somente uma única fixação, com duração média de 540 milésimos de segundos. Já nas palavras longas o tempo da primeira fixação diminuiu para 390 milésimos de segundos. Entretanto, o leitor lança mão de outras fixações para garantir a decodificação da palavra. Não foram observadas, no entanto, alterações no número de fixações com relação à regularidade dos itens, talvez pelo fato de os sujeitos serem universitários e, por conseguinte, terem bom nível de leitura. Os autores concluem que, durante a leitura em português do Brasil, as propriedades de movimentos oculares sofrem efeito de frequência e tamanho das palavras apresentadas. Tais resultados são consistentes com o que foram encontrados em outras línguas.

De acordo com a literatura disponível, diversas variáveis podem influenciar ou o tempo de fixação em palavras ou o padrão dos movimentos oculares:

a) Uma dessas variáveis, estudada por Carroll & Slowiaczek (1986) e Morris (1994) é o efeito de *priming* produzido por palavras que sejam semanticamente relacionadas e que estejam em proximidade (Carroll e Slowiaczek, 1986; Morris, 1994). Esses autores apontaram que quando as palavras têm uma relação semântica, o tempo de fixação nas palavras diminui, quando comparado a palavras que não estejam relacionadas;

b) Outra variável importante é a frequência de palavras. Quando palavras de alta e baixa frequência são encontradas um número de vezes em uma passagem, o tempo de fixação nessas palavras diminui e o efeito é mais pronunciado em palavras de baixa frequência (Rayner, Raney *et al.*, 1995);

c) O comprimento da palavra determina a localização da primeira fixação e também o número de fixações dentro da palavra (Pollatsek e Rayner, 1982). Bons leitores, através do

ajuste da amplitude da sacada de acordo com a palavra, são capazes de aumentar sua velocidade de leitura (O'regan, 1980). Em maus leitores, essa capacidade foi encontrada reduzida em palavras com mais de cinco letras (Mackeben, Trauzettel-Klosinski *et al.*, 2004).

d) Os leitores olham por mais tempo para palavras prefixadas do que para pseudopalavras prefixadas (Lima, 1987) e por mais tempo para morfemas em palavras longas que sejam mais informativos sobre o significado geral da palavra (Hyona e Pollatsek, 1998);

e) Relações anafóricas também parecem ter influência na leitura. O tempo de fixação na região de um pronome varia de acordo com a facilidade de se fazer a ligação entre o pronome e seu antecedente (Ehrlich e Rayner, 1983);

f) Tempos de fixação em palavras lexicamente ambíguas são modulados pelas características da palavra e do contexto anterior (Duffy, Morris *et al.*, 1988).

g) Quando uma palavra é substituída por um homófono, leitores olham para ela por mais tempo (Daneman e Reingold, 1993), a menos que o contexto esteja altamente ligado à palavra correta (Rayner, Pollatsek *et al.*, 1998);

h) Convenções estilísticas tais como o foco e a compatibilidade (última palavra de uma frase e a primeira da próxima frase têm o mesmo referente) influenciam os movimentos oculares (Kennedy e Pidcock, 1981; Birch e Rayner, 1997);

i) Finalmente, se uma interpretação incorreta de uma frase ambigüamente sintática é feita, ou o tempo de fixação na palavra que desambigua o contexto aumenta ou os leitores fazem uma regressão imediata (Frazier e Rayner, 1982).

Além de variáveis psicolingüísticas, áreas corticais envolvidas nas sacadas e fixações têm sido estudadas. Uma área cortical que tem sido recentemente investigada como sendo de importância no processamento da linguagem escrita é o Campo Visual Frontal (CVF). Essa área receberá especial destaque na próxima sessão deste trabalho.

2.3. CAMPO VISUAL FRONTAL: PROCESSAMENTO VISUAL E ATENCIONAL

Uma área cortical que tem sido recentemente investigada como sendo de importância no processamento da linguagem escrita é o Campo Visual Frontal (CVF). Embora seja considerada uma estrutura de função oculomotora, alguns estudos (Nobre, Sebestyen *et al.*, 1997; Petit, Clark *et al.*, 1997; Corbetta, 1998; Corbetta e Shulman, 1998; Leff, A., Scott, S. *et al.*, 2001; Connolly, Goodale *et al.*, 2002; Silvanto, Lavie *et al.*, 2006; Heinzle, Hepp *et al.*, 2007; Rounis, Yarrow *et al.*, 2007; Taylor, Nobre *et al.*, 2007; Murphey e Maunsell, 2008) sugerem sua contribuição à percepção visual e à atenção. Saber-se que um determinado evento sensorial está prestes a acontecer, permite que uma pessoa se prepare para tal evento e responda a ele mais rapidamente do que se ela não soubesse de sua ocorrência. Além disso, humanos são capazes de escolher a realização de suas ações quando um evento sensorial ocorre. Tanto a prontidão em se responder quanto a intenção de se fazer determinada ação são comumente conhecidas como *set preparatório* e são marcos do mais complexo organismo de cognição: aquele que pode planejar e escolher entre cursos alternativos de ação (Hebb, 1972; Evarts, Shinoda *et al.*, 1984).

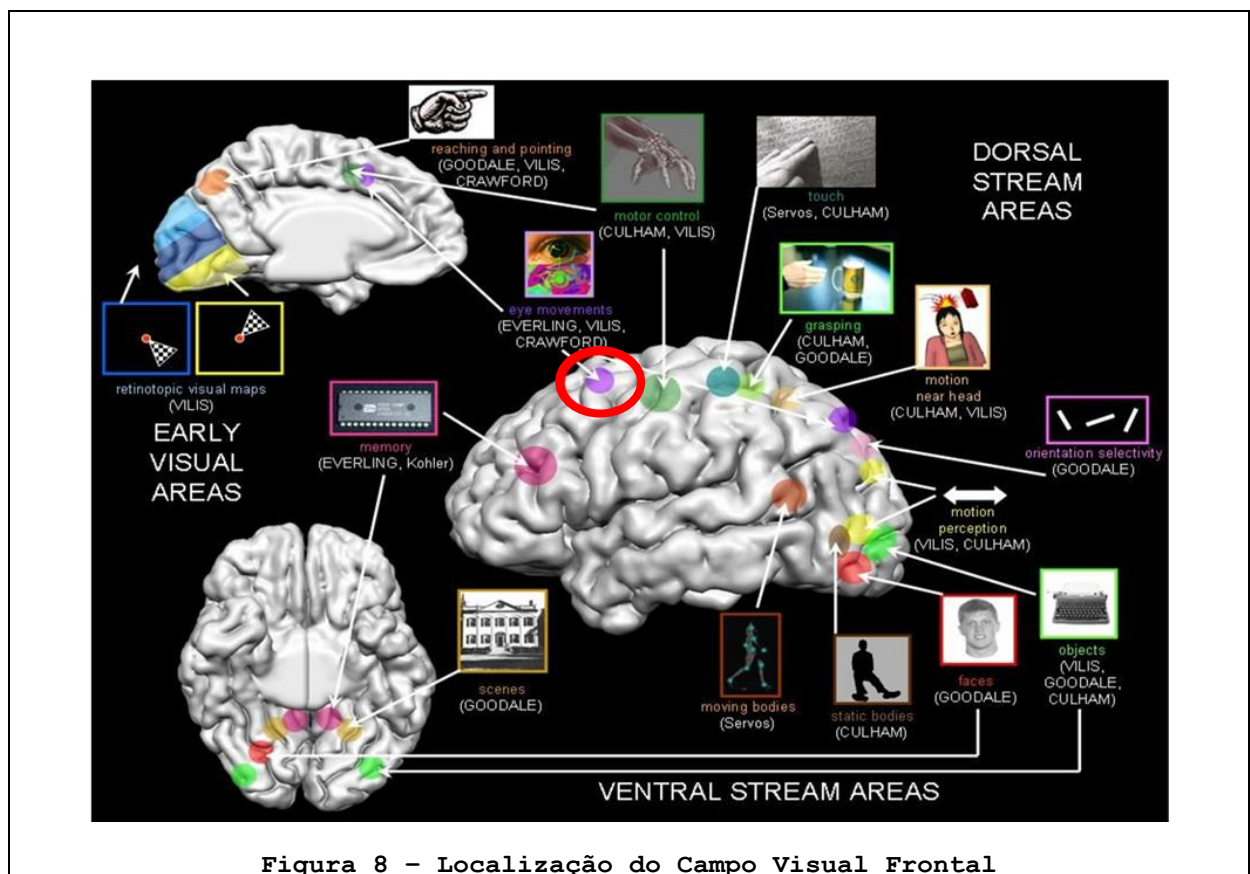


Figura 8 - Localização do Campo Visual Frontal

No sistema oculomotor, a intenção pode ser investigada através da manipulação do tipo de movimento ocular requerido quando um estímulo é apresentado. Embora a resposta comum fosse olhar na direção de um estímulo visual que aparece rapidamente (pró-sacada), seres humanos podem ser instruídos previamente a olhar na direção oposta do estímulo, realizando uma anti-sacada (Hallett, 1978; Everling e Fischer, 1998). Na condição de pró-sacada, uma resposta visomotora automática é requerida, enquanto na condição de anti-sacada, essa resposta automática deve ser inibida e substituída por uma resposta voluntária. Dessa forma, através da combinação de testes de pró-sacada e de anti-sacadas em um mesmo experimento, é possível se estudar os efeitos da atenção na programação motora (Connolly, Goodale *et al.*, 2002). Estudos realizados com pacientes com autismo e em pacientes que sofreram lesões do lobo frontal sugerem que regiões específicas, assim como o CVF, estão criticamente envolvidas em tarefas de anti-sacada (Guitton, Buchtel *et al.*, 1985; Pierrot-Deseilligny, Rivaud *et al.*, 1991; Rivaud, Muri *et al.*, 1994).

Estudos neurofisiológicos recentes que contrastaram tarefas de pró-sacadas e de anti-sacadas em macacos mostram atividade neuronal relacionada à intenção sendo produzida no CVF (Everling e Munoz, 2000), além do córtex pré-frontal dorsolateral – CPFDL – (Funahashi, Chafee *et al.*, 1993) e em campos visuais suplementares (Schlag-Rey, Amador *et al.*, 1997). Além disso, a magnitude desses sinais preparatórios é melhorada quando é inserido um intervalo entre o desaparecimento do ponto de fixação e o aparecimento do alvo periférico. Esse intervalo serve como um aviso para se remover a fixação visual ativa e leva à desinibição da atividade pré-sacádica nas estruturas corticais e subcorticais e a uma redução do tempo de reação da sacada (Dias e Bruce, 1994; Dorris e Munoz, 1995; Dorris, Pare *et al.*, 1997; Munoz, Dorris *et al.*, 2000). As descargas pré-alvo no CVF também diferem nas tarefas de pró-sacadas e anti-sacadas (Everling e Munoz, 2000). Segundo Gottlieb & Goldberg (1999) parece haver, na codificação da localização de estímulo sensorio relevante para a transformação em coordenadas motoras para a ação, uma divisão de tarefas entre as áreas oculomotoras frontal e parietal, com o córtex frontal envolvido no planejamento motor e as áreas parietais envolvidas na codificação da localização de estímulos sensorios relevantes para a transformação deles em coordenadas motoras apropriadas para a ação (Gottlieb e Goldberg, 1999). Connolly *et al.* (2002) utilizaram Ressonância Magnética Funcional (fMRI) para encontrar correlatos neurais do *set* preparatório para intenção e prontidão nas áreas oculomotoras dos córtices frontal (CVF) e parietal (sulco intraparietal) durante o

planejamento de pró-sacadas e de anti-sacadas. Os autores descobriram que a ativação do CVF aumentou durante o período de intervalo e foi maior para anti-sacadas do que para pró-sacadas. Por outro lado o sulco intraparietal não apresentou nenhuma mudança na ativação durante as provas. Os resultados sugerem que dentre as redes frontoparietais que controlam a geração de sacadas, o CVF, mas não o sulco intraparietal, está criticamente envolvido no *set* preparatório, codificando tanto a intenção quanto a prontidão para a realização de um movimento em particular (Connolly, Goodale *et al.*, 2002).

Nobre *et al.* (1997) utilizaram PET para mapear o sistema neural subjacente às regiões corticais relacionadas à atenção visoespacial. Para tal, os autores analisaram dados individuais e de grupo obtidos de 6 homens destros que foram selecionados para um estudo no qual respostas comportamentais e movimentos oculares foram obtidos. As tarefas de atenção envolviam mudança de atenção, nas quais pistas periféricas indicavam a localização do alvo subsequente a ser discriminado. Uma condição de atenção enfatizava aspectos reflexivos de orientação espacial, enquanto outra requeria mudanças controladas de atenção. Ativações obtidas com PET estavam de acordo com as regiões corticais que formam o centro de uma rede neural de atenção espacial. As duas tarefas de atenção evocaram padrões de ativação neural que se sobrepõem, embasando a existência de um sistema neural regional para atenção visoespacial com especialização funcional regional. Mais especificamente, ativações neocorticais foram observadas no giro cingulado anterior (área de Brodmann 24), no sulco intraparietal do córtex parietal posterior direito e nos córtices premotores lateral e mesial (área de Brodmann 6) que corresponde ao CVF (Nobre, Sebestyen *et al.*, 1997).

Corbetta (1998) discorre sobre a rede frontoparietal responsável pela mediação da alocação da atenção para estímulos visuais. Essa rede seria a fonte que interage com regiões extraestriadas do sistema visual ventral durante a análise de objetos no processamento visual. A rede frontoparietal não estaria exclusivamente relacionada à atenção visual. Entretanto, ela coincidiria com regiões envolvidas no processamento oculomotor. Assim como outros autores, Corbetta indica uma relação forte entre processos que mediam os movimentos oculares e a atenção (Corbetta, 1998).

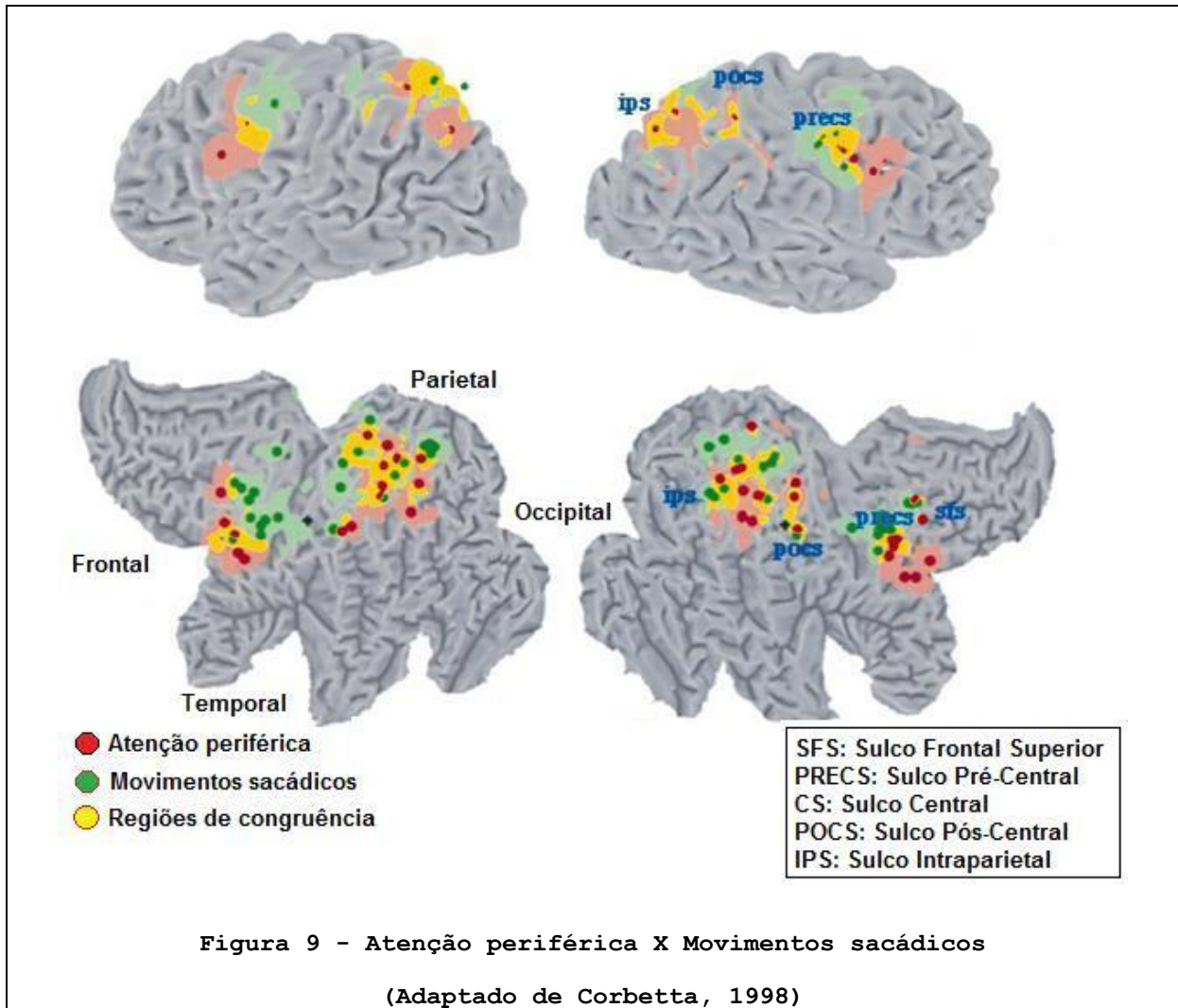
A anatomia funcional do sistema oculomotor tem sido extensivamente investigada com uma variedade de tarefas oculomotoras que incluem sacadas voluntárias, guiadas visualmente, guiadas pela memória e condicionais (O'sullivan, Roland *et al.*, 1994; O'driscoll,

Alpert *et al.*, 1995; Sweeney, Mintun *et al.*, 1996). De acordo com Corbetta (1998), em tarefas que requeiram sacadas, a atividade se centra no lobo frontal, no giro pré-central. Essa região é considerada como o homólogo humano do CVF de primatas. Lesões no CVF causam um desvio do olho e, assim, a incapacidade de suprimir sacadas reflexivas. Ativações são também evidentes próximo à borda posterior do sulco frontal superior. No córtex parietal, a atividade está também distribuída próximo aos sulcos intraparietal e pós-central e giros adjacentes.

A figura 9 mostra a comparação das ativações relacionadas a movimentos oculares sacádicos (verde) e atenção (vermelho) e as respectivas regiões de congruências entre essas ativações (amarelo). Como se pode observar, grandes áreas de congruência aparecem bilateralmente nas regiões intraparietal e pós-central e frontalmente na região pré-central e sulco frontal superior. Atividade relacionada exclusivamente a movimentos oculares é evidente dorsalmente no precúneo direito e giro pós-central esquerdo. Atividade exclusivamente relacionada à atenção é evidente ventralmente no sulco intraparietal. No córtex frontal, focos de atividade relacionada à atenção tendem a aparecer mais anteriormente do que focos de atividade relacionada a movimentos oculares. Essa análise mostra a congruência e a segregação na distribuição espacial da atividade cortical quando os focos de ativação relacionados à atenção e a movimentos oculares são comparados com experimentos realizados com PET. Dessa forma, se forem levados em consideração a congruência anatômica, as três maiores regiões de ativação para atenção (intraparietal, poscentral e precentral) mostram ativação convergente durante movimentos oculares (Corbetta, 1998).

A presença de atividade atencional no CVF indica que sinais relacionados à atenção podem ser encontrados em uma área que está fortemente implicada no planejamento oculomotor. Dessa forma, parece haver um robusto conjunto de sinais neurais no córtex parietal e frontal (mostrados tanto com estudos de neuroimagem quanto estudos eletrofisiológicos) que claramente refletem processos de atenção espacial durante a orientação. Tais sinais podem estar ligados a alguns dos efeitos psicológicos descritos quando o sujeito reflexivamente ou voluntariamente aloca sua atenção a uma localização ou objeto. Esses sinais neurais são a fonte de um sinal de alocação seletiva que utiliza as áreas relacionadas ao processamento visual ventral para a análise de objetos. Além disso, análises psicológicas, anátomo-funcionais e neuronais indicam que os processos atencionais estão fortemente ligados aos processos oculomotores. Uma visão mais extrema dessa relação funcional é que mudanças atencionais têm natureza oculomotora, sendo planejadas pelos circuitos

oculomotores em coordenadas motoras (amplitude, direção). Uma visão mais moderada da relação entre atenção e movimentos oculares é que seus processos são interdependentes. Portanto, com base em evidências anatômicas e fisiológicas, a hipótese de que a atenção e os movimentos oculares sejam processos segregados pode ser rejeitada (Corbetta, 1998).



Além de estudos realizados com humanos, primatas também têm sido utilizados para uma melhor compreensão dos sistemas subjacentes ao CVF. Em um experimento realizado no intuito de melhor se entender a extensão da contribuição do CVF em movimentos sacádicos, Murphey e Maunsell (2008) testaram se poderia ser detectada, em primatas, a ativação de seus CVFs através de micro estimulação com correntes abaixo daquelas que causam movimentos oculares. Os autores descobriram que a estimulação dos neurônios do CVF podia quase sempre ser detectada em níveis abaixo daqueles necessários para gerar sacadas e que a corrente elétrica necessária à detecção está altamente correlacionada com aquelas necessárias para se gerar uma sacada. Essa relação entre os limites de detecção e de sacadas pode ser

explicada se a ativação do CVF representa a preparação para se realizar sacadas (Murphey e Maunsell, 2008).

Ainda pesquisando primatas (*macaca mulatta*), Monosov, Trageser e Thompson (2008) gravaram simultaneamente o potencial local e a atividade de pico em seus CVFs durante tarefas de sacada e busca visual. Foram comparadas as latências visuais e o curso de tempo de respostas seletivas espacialmente no potencial local e na atividade de pico. Consistente com a visão de que o potencial local representa *input* sináptico, as respostas visuais apareceram primeiro no potencial local, seguidas por respostas de atividade de pico. Se o potencial local reflete *input* dendrítico e picos de atividade representam *input* neuronal em uma região, essa relação temporal sugere que a seleção espacial necessária para atenção e movimentos oculares seja computada localmente no CVF (Monosov, Trageser *et al.*, 2008).

Similarmente, Woodman e colaboradores (2008) demonstraram a importância do CVF na busca visual. Os autores manipularam as condições de busca e mensuraram quando a atividade relacionada ao movimento começa no CVF em primatas (*macaca mulatta* e *macaca radiata*) realizando tarefa de busca visual. Os resultados demonstraram que o aumento de movimentos sacádicos relacionados à atividade é retardado quando a busca visual é ineficiente (Woodman, Kang *et al.*, 2008).

Diversos estudos com EMT foram realizados para a obtenção de dados importantes sobre o funcionamento do CVF. Alguns desses estudos demonstram que a busca visual é particularmente efetiva quando o movimento do alvo é previsível. Drew e van Donkelaar (2007), por exemplo, utilizaram a EMT como meio de se entender se o CVF e o córtex frontal dorsomedial contribuem para o controle de busca. Foi utilizada a EMT em sujeitos saudáveis para interromper o processamento temporariamente em cada uma dessas áreas. A EMT no CVF retardou a busca contraversiva mais do que a busca ipsiversiva e essa dependência era mais profundamente modulada durante a busca de alvo em movimento imprevisível. Por outro lado, a EMT aplicada no córtex frontal dorsomedial resultou em uma modulação mais discreta na latência da busca, similar para ambas as condições de predicabilidade. Dessa forma, fica claro o papel e a importância do CVF em movimentos sacádicos (Drew e Van Donkelaar, 2007).

Taylor, Nobre e Rushworth (2006) testaram se o CVF é crítico no controle do processamento visual nas áreas cerebrais visuais durante a orientação da atenção espacial.

Trens curtos (5 pulsos a 10 Hz) de EMT foram aplicados ao CVF direito durante o período de pistas de uma tarefa atencional não declarativa enquanto potenciais evocados eram simultaneamente obtidos de eletrodos laterais posteriores, onde componentes visuais são proeminentes. A estimulação do CVF significativamente afetou a atividade neural evocada por estímulo visual, assim como a atividade neural existente observada durante antecipação do estímulo visual. Os efeitos da EMT no CVF foram maiores para a atividade cerebral obtida ipsilateralmente à EMT no CVF e contralateralmente ao estímulo visual. O efeito induzido pela EMT nos potenciais evocados visuais ocorreram ao mesmo tempo em que os potenciais evocados relacionados ao evento foram modulados pela atenção visual. não se observou efeitos similares após EMT de uma região controle que era fisicamente próxima, mas não anatomicamente interconectada às regiões alvo. Os resultados mostram que o CVF humano tem uma influência causal na modulação da atividade em áreas posteriores quando a atenção está sendo alocada (Taylor, Nobre *et al.*, 2007).

Silvanto, Lavie e Walsh (2006) utilizaram a EMT para saber se a atividade do CVF tem um efeito direto na sensibilidade da área visual extraestriada MT/V5 e se a organização espacial desse efeito *top-down* é lateralizada no cérebro humano. Os autores mostraram que a estimulação do CVF 20-40 ms antes da estimulação do MT/V5 diminuiu a intensidade da estimulação do MT/V5 necessária para a obtenção de fosfenos. EMT do CVF direito mudou a sensibilidade do MT/V5 esquerdo e direito enquanto a EMT no CVF esquerdo mudou a sensibilidade apenas do MT/V5 esquerdo. Dessa forma, a sensibilidade do córtex extraestriado humano pode ser modulada pela atividade em no CVF (Silvanto, Lavie *et al.*, 2006).

Leff et al. (2001) utilizaram a resolução temporal da EMTr para isolar as contribuições do CVF no planejamento e execução de sacadas realizadas à direita durante a leitura. Os autores reportam que a EMTr aplicada sobre o CVF direito aumentou o tempo para se fazer a primeira sacada, mas apenas quando disparada antes de o estímulo aparecer, demonstrando que o papel dessa região é a preparação do escaneamento ocular. Tais resultados são compatíveis com a hipótese de que o CVF está envolvido na preparação do plano motor para o escaneamento no início de cada nova linha do texto (Leff, A., Scott, S. *et al.*, 2001).

2.4. NEUROANATOMIA DOS MOVIMENTOS OCULOMOTORES

De acordo com Sommer e Wurtz (2004), as sacadas são mediadas por um sistema que se estende da retina até os músculos extra-oculares que foram extensivamente estudados no macaco *rhesus* (Sommer e Wurtz, 2004). O sistema visosacádico pode ser considerado como tendo três membros, dois dos quais são os membros aferentes e um é o membro eferente (fig. 10A). O membro aferente provê *input* visual da retina. Essa via se divide em duas rotas principais. A primeira dessas rotas segue primeiramente para o núcleo geniculado lateral (NGL) e depois para o córtex estriado (V1). A outra rota segue para as camadas superficiais do colículo superior (CS). O membro eferente provê *output* motor para os músculos extra-oculares. Os comandos motores são produzidos na circuitaria que gera sacadas (CGS) do tronco cerebral, uma série de regiões na ponte e no mesencéfalo que recebe *input* descendente do CS e outras estruturas. O terceiro membro é intermediário e conecta os membros aferentes e eferentes (fig. 10B). É nessa vasta rede de áreas que se entremeiam que a atividade relacionada a processos cognitivos presumivelmente reside.

O CS e certas regiões corticais são necessários para a geração de sacadas. A inativação reversível do CVF (fig. 10B) causa severos déficits na habilidade de se fazer sacadas para alvos vistos previamente (Sommer e Tehovnik, 1997; Dias e Segraves, 1999; Chafee e Goldman-Rakic, 2000). A inativação reversível do CS causa déficits na produção de sacadas para alvos que têm que ser lembrados ou alvos visuais (Aizawa e Wurtz, 1998). Em primatas, a ablação permanente tanto do CS quanto do CVF causa sérios déficits temporários dos quais os macacos logo se recuperam. Entretanto, lesões combinadas bilateralmente do CS e do CVF comprometem permanentemente o comportamento sacádico (Schiller, True *et al.*, 1980). A influência de muitas áreas corticais parece depender muito de suas projeções para o CS. Estudos mostram que a habilidade de se evocar sacadas eletricamente do CVF é severamente comprometida se houver uma inativação do SC (Hanes e Wurtz, 2001) e a habilidade de se evocar sacadas eletricamente dos lobos parietal e occipital é extinta se houver a ablação do CS e do CVF (Keating e Gooley, 1988).

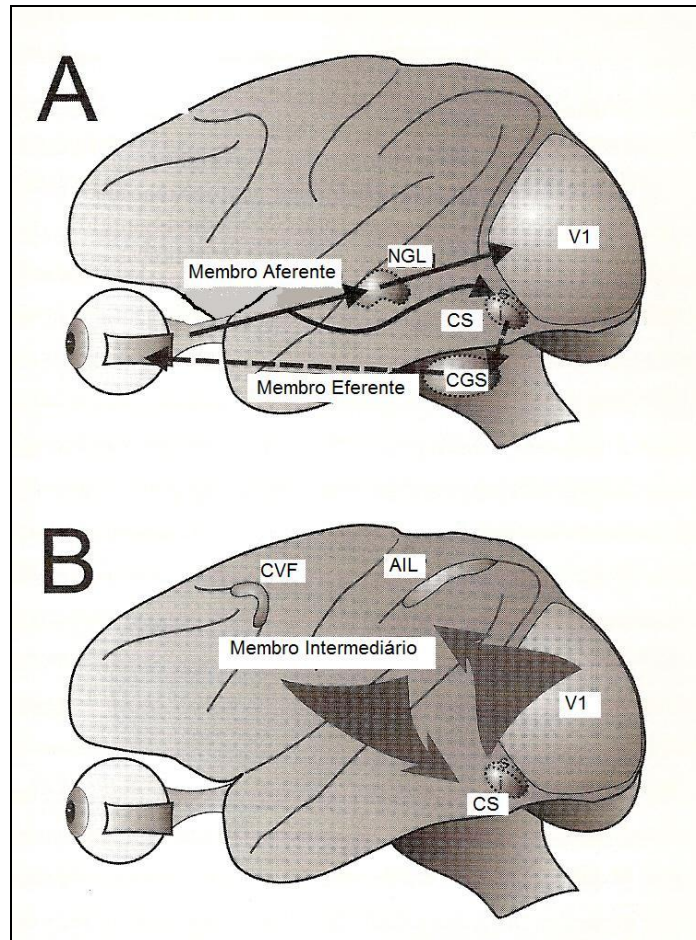
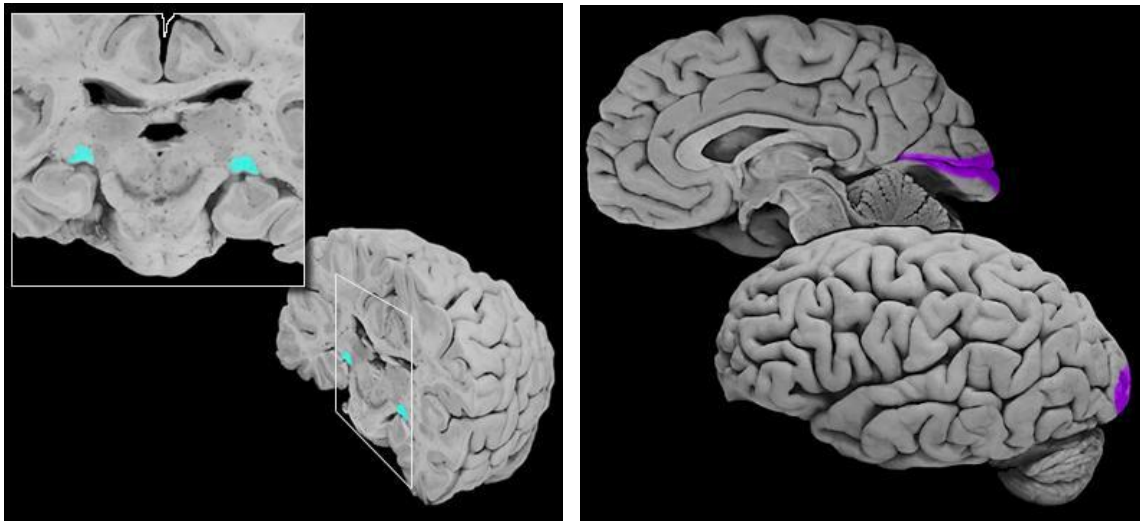


Figura 10 - Membros aferente, eferente e intermediário do sistema visosacádico

(Adaptado de Sommer & Wurtz, 2004)

Dessa forma, suspeita-se que a rede formada pelo córtex cerebral e o CS seja uma estrutura importante para a geração de sacadas. Já foram investigadas três projeções diretas descendentes do córtex cerebral para o CS que têm origem no CVF, na área lateral intraparietal e no córtex estriado e uma projeção indireta que é a rota pelo gânglio basal que remete sinais do córtex para o CS através da substância nigra pars reticulata. Além disso, projeções ascendentes do CS para o córtex também foram documentadas. Uma dessas projeções chega ao córtex frontal através do tálamo mediodorsal e outra alcança o córtex parietal através do núcleo posterior do tálamo, o pulvinar.



A - Núcleo geniculado lateral

B - Córtex estriado (V1) no humano

Figura 11 - Extraído de Sylvius 2.0 - Fundamentals of Human Neural Structure

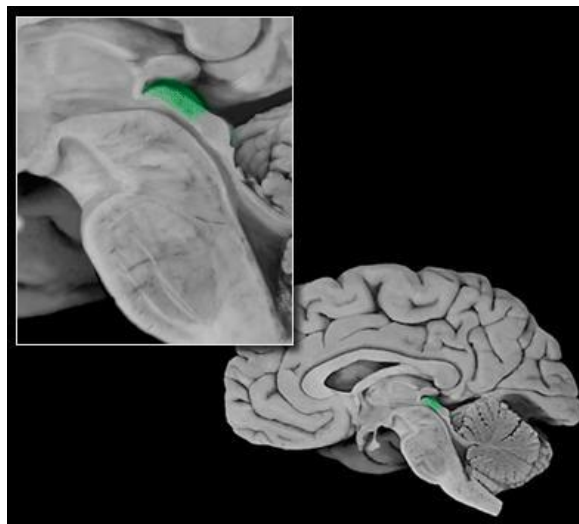
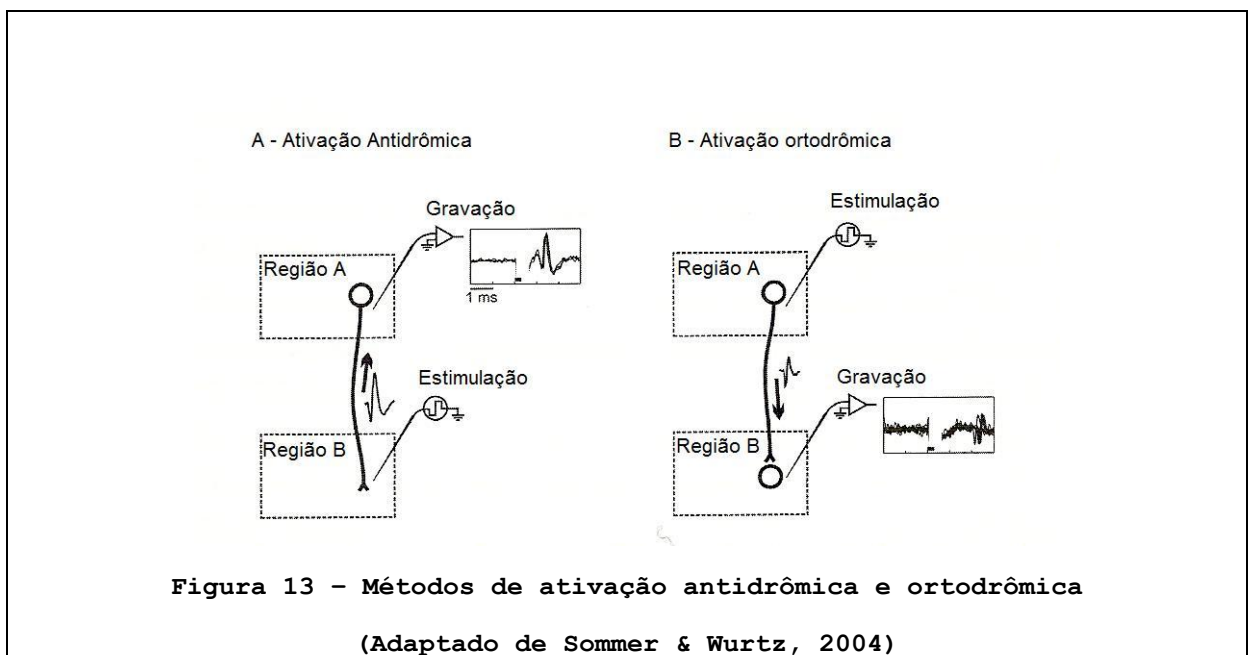


Figura 12 - Localização neuroanatômica do colículo superior no humano
(Extraído de Sylvius 2.0 - Fundamentals of Human Neural Structure)

Pesquisadores identificaram neurônios que emitem sinais tanto para o córtex cerebral quanto para o CS utilizando-se de dois métodos: ativação antidrômica e ortodrômica. A ativação antidrômica é usada para se saber se determinado neurônio em uma região (por exemplo, parte do córtex) se projeta para outra região (por exemplo, o CS). A figura 13

mostra a lógica desse pensamento. Se a estimulação elétrica na região B causa o disparo em uma latência fixa de um determinado neurônio na região A, então se conclui que o neurônio na região A está sendo ativado através de seu próprio axônio. Dessa forma, os sinais neuronais se projetam para a região B. A ativação ortodrômica é utilizada para se saber se um determinado neurônio em uma região está recebendo *input* de outra região. Se a estimulação em certa região (A) causa o disparo em uma latência incontável de um neurônio na região B e o teste de colisão falha, então se conclui que o neurônio está sendo ativado através das sinapses. Assim, esse neurônio recebe *input* da região A.

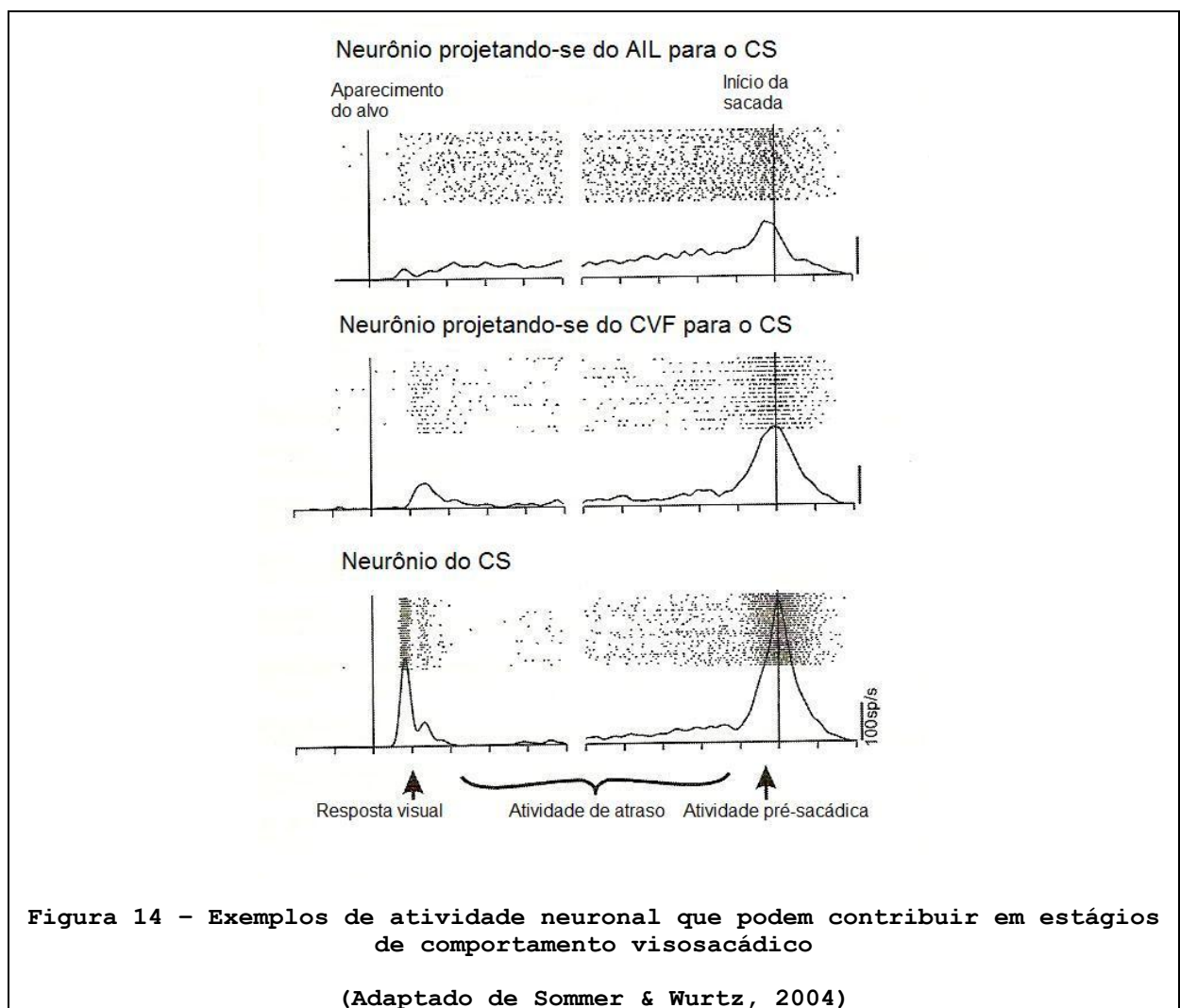


2.4.1. Projeções descendentes do córtex para o CS

2.4.1.1. Estágios de atividade neuronal relacionados ao comportamento visosacádico

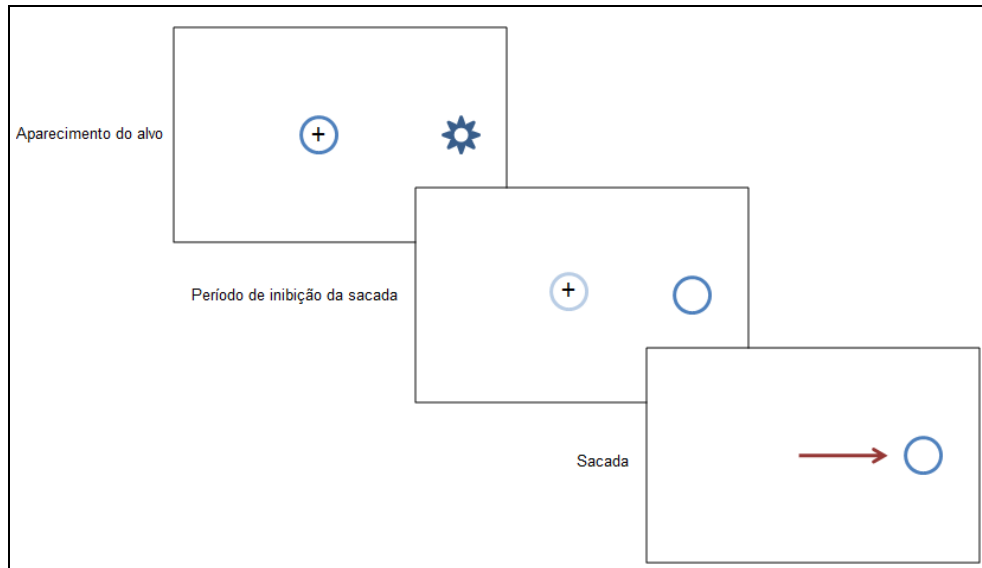
A geração de uma sacada em resposta a estímulos visuais envolve uma série de passos que incluem a análise da cena visual, voltar a atenção para objetos dentro da cena visual, lembrar-se de localizações de objetos, decidir olhar para algum local, preparar uma sacada e executar o movimento. É razoável presumir que tais passos sejam acompanhados no nível neuronal por estágios seqüenciais de atividade. A figura 14 ilustra exemplos de atividade neuronal que podem contribuir em vários estágios de comportamento visosacádico. Esses exemplos foram obtidos de gravações de dois neurônios corticais que se projetavam para o CS

(um neurônio da região intraparietal lateral [acima] e um neurônio do CVF [meio]), ambos identificados utilizando ativação antidrômica. O terceiro exemplo foi obtido de um neurônio das camadas intermediárias do CS. Esses dados foram obtidos durante uma tarefa na qual um macaco deveria inibir a sacada quando o alvo aparecesse, fazendo essa sacada apenas posteriormente (fig. 15 – *Versão visual*). Na linha de base, antes e depois da identificação do alvo, os neurônios mantiveram-se sem atividade. A atividade, no entanto, aumentou repentinamente na detecção perifoveal do alvo. A atividade neuronal permaneceu elevada durante o período de inibição da sacada. Logo antes do início da sacada, os neurônios exibiram aumento de atividade que provavelmente representa comando para se mover os olhos (figura 14 – atividade pré-sacádica). Esse período de inibição da atividade é de particular interesse porque ele ocorre após uma resposta visual inicial e antes que uma sacada seja feita, durante o tempo no qual a seleção do alvo sacádico deveria estar ocorrendo.



Provas de inibição de sacadas

Versão visual



Versão de memória

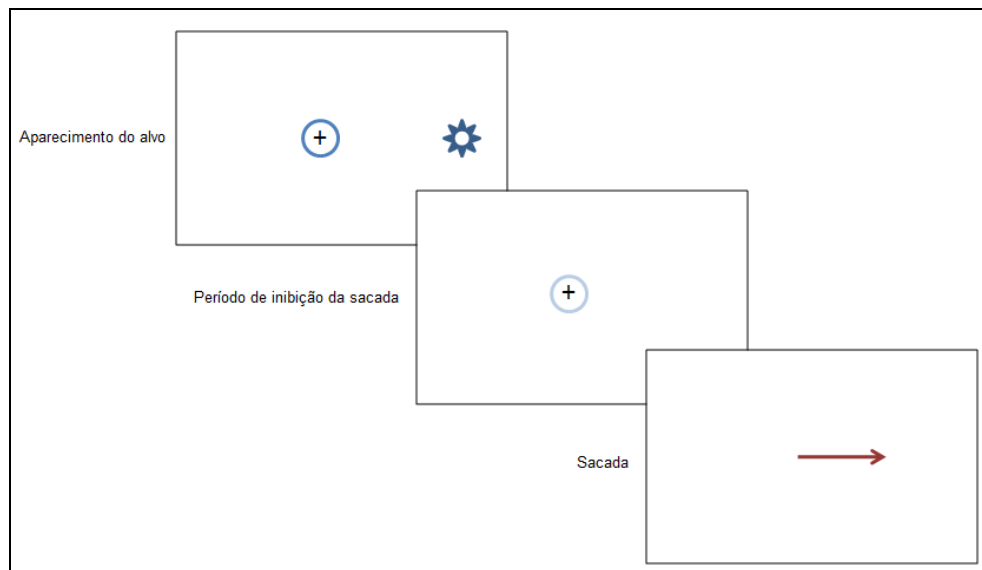


Figura 15 - Provas de inibição de sacadas

2.4.1.2. Sinais enviados do córtex frontal para o CS

Segraves e Goldberg (1987) foram os primeiros autores a identificarem, através de ativação antidrômica, neurônios que se projetavam do CVF para o CS. Os resultados de seus experimentos com primatas mostraram que uma variedade de sinais é transmitida do CVF para o CS, incluindo sinais de respostas visuais, atividade posterior e disparos desenfreados de atividade pré-sacádica (Segraves e Goldberg, 1987).

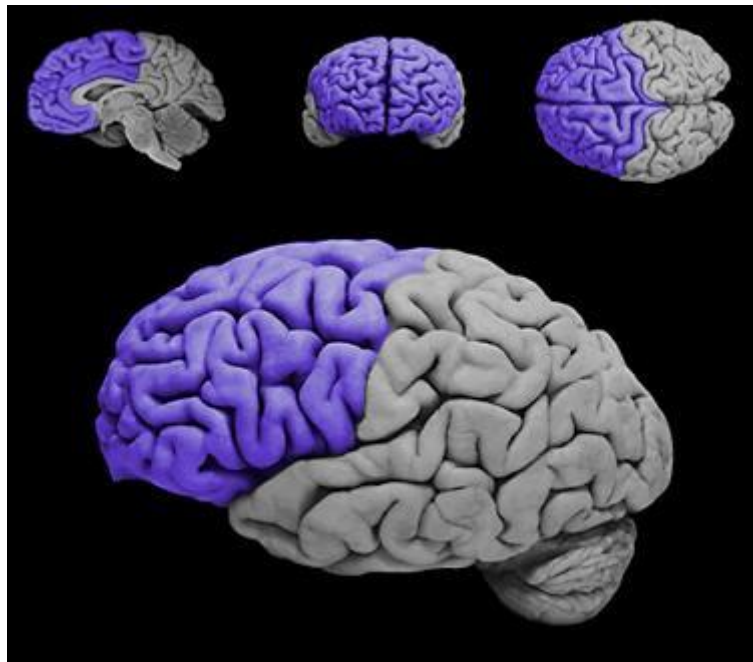


Figura 16 - Lobo frontal no humano

(Extraído de Sylvius 2.0 - Fundamentals of Human Neural Structure)

Sommer e Wurtz (2001) também estudaram os neurônios que se projetavam do CVF para o CS enquanto macacos realizavam uma tarefa do tipo *go-no-go* de sacada posterior, na qual o macaco deveria olhar para um ponto de fixação que poderia ser verde ou vermelho. Se fosse verde, o macaco deveria fazer uma sacada para o local indicado após o período de espera. Se o ponto de fixação fosse vermelho, o macaco deveria manter a fixação após o período de espera. Esse experimento foi importante para revelar se a atividade de atraso estava relacionada à produção de sacadas. Versões visual e de memória dessa tarefa foram executadas para se descobrir se essa atividade atraso estava mais relacionada à memória de trabalho, à atenção visual ou à preparação do movimento. Primeiramente, descobriu-se que a atividade de atraso era bastante comum nos neurônios que se projetavam do CVF para o CS.

Segundo, a atividade claramente não representou apenas uma função cognitiva simples. As atividades que mais predominaram foram as de atraso relacionadas à memória de trabalho e à preparação da sacada.

Tanto no macaco quanto na região homóloga do gato, a composição dos sinais enviados do CVF para o CS é bastante diversa e inclui neurônios puramente visuais ou de movimento (Sommer e Wurtz, 2000).

Dois outros sinais importantes são transmitidos do CVF para o CS. Em primeiro lugar, quando um macaco fixa um ponto, a projeção mostra atividade relacionada à fixação que continua até mesmo se o ponto for brevemente removido (Segraves e Goldberg, 1987). Essa atividade não aparece apenas no CS rostral onde neurônios similares são encontrados, mas parece estar em todo o CS (Sommer e Wurtz, 2000). Assim, os sinais de fixação do CVF trabalham em paralelo com os sinais de fixação do CS rostral para inibir os neurônios do CS caudal relacionados às sacadas e manter os olhos firmes. Em segundo lugar, a projeção do CVF para o CS leva a atividade relacionada ao *set* preparatório (Everling e Munoz, 2000). Em uma tarefa na qual os macacos deveriam fazer uma sacada na direção do alvo ou na direção oposta a ele, os neurônios relacionados a movimento que se projetam do CVF para o CS mostraram maior atividade durante o período de fixação e logo após o aparecimento do alvo quando a sacada tivesse que ser realizada na direção do alvo. Dessa forma, essa projeção neuronal descendente deve contribuir para respostas visuais no CS quando se faz uma sacada na direção do estímulo, ajudando a diminuir o tempo de reação.

Outros estudos foram realizados no intuito de se descobrir se os sinais projetados do CVF realmente afetam a atividade dos neurônios do CS. Estudos realizados com métodos de estimulação ortodrômica foram utilizados para se explicar essa relação de causalidade. Guitton e Mandl (1974) mostraram, em gatos paralisados, que a estimulação do CVF pode aumentar ou diminuir a ativação dos neurônios do CS (Guitton e Mandl, 1974). Schlag-Rey e colaboradores (1992) descobriram que a microestimulação do CVF de macacos excitava células relacionadas a sacadas do CS que tinham o mesmo vetor e inibiam as células cujos vetores eram diferentes. Como a projeção direta do CVF é presumivelmente excitatória (glutamaérgica), a diminuição de atividade vista nesses estudos eram provavelmente mediadas multisinápticamente, por exemplo, por interneurônios GABAérgicos no CS (Schlag-Rey, Schlag *et al.*, 1992).

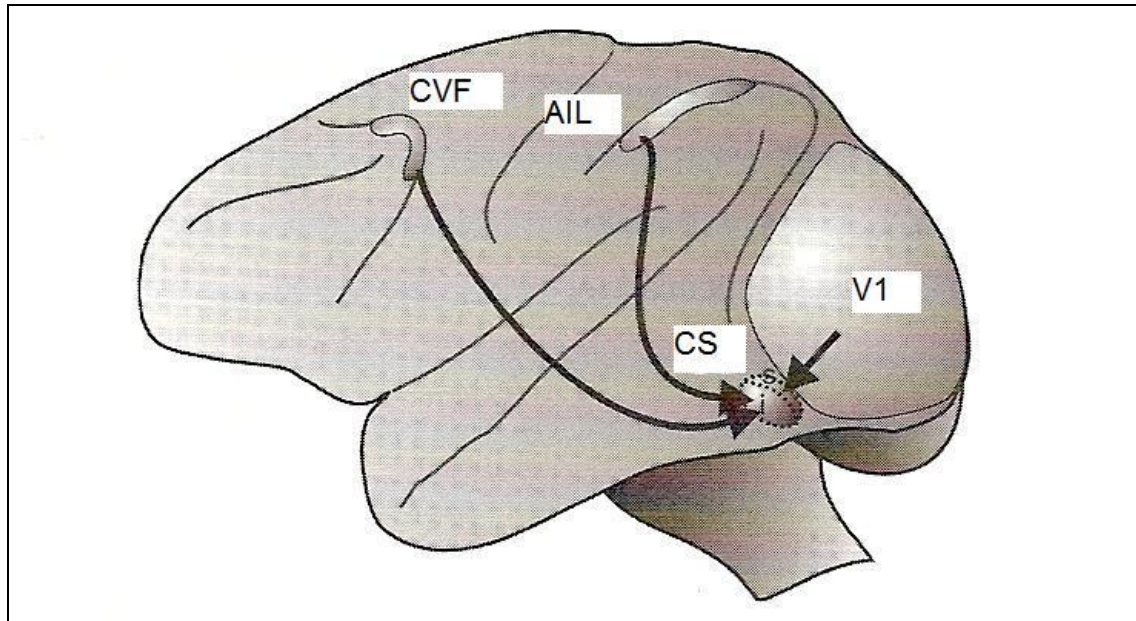


Figura 17 - Projeções descendentes do Campo Visual Frontal (CVF), da Área Intraparietal Lateral (AIL) e do Córtex Estriado (V1) para o Colículo Superior (CS)

(Adaptado de Sommer & Wurtz, 2004)

2.4.1.3. Sinais enviados do córtex parietal para o CS

Pare e Wurtz (1997) foram os primeiros a descreverem os sinais recebidos pelo CS que eram enviados pelo córtex parietal. Eles utilizaram estimulação de pulso único nas camadas intermediárias do CS para observarem ativação neuronal na região intraparietal lateral. Para dissociar respostas visuais e respostas relacionadas a sacadas, as propriedades de descarga dos neurônios eferentes foram estudadas em uma tarefa de sacada atrasada e em uma tarefa de sacada guiada pela memória. Os autores descobriram que a grande maioria (74%) dos neurônios eferentes da região intraparietal lateral têm um campo receptivo visual periférico. Por volta de 64% desses neurônios exibiu atividade sustentada durante o período de atraso de tarefas comportamentais nas quais os macacos deveriam evitar movimentar os olhos. Oitenta por cento desses neurônios tiveram aumento de atividade antes do início das sacadas. Tanto descargas de atraso quanto pré-sacádicas na tarefa de sacadas guiadas visualmente eram mais altas do que na tarefa de sacadas guiadas pela memória. Esses resultados estabelecem que o sinal neuronal emitido pela região intraparietal lateral para o CS carrega informação visual e informação relacionada à sacada (Pare e Wurtz, 1997).

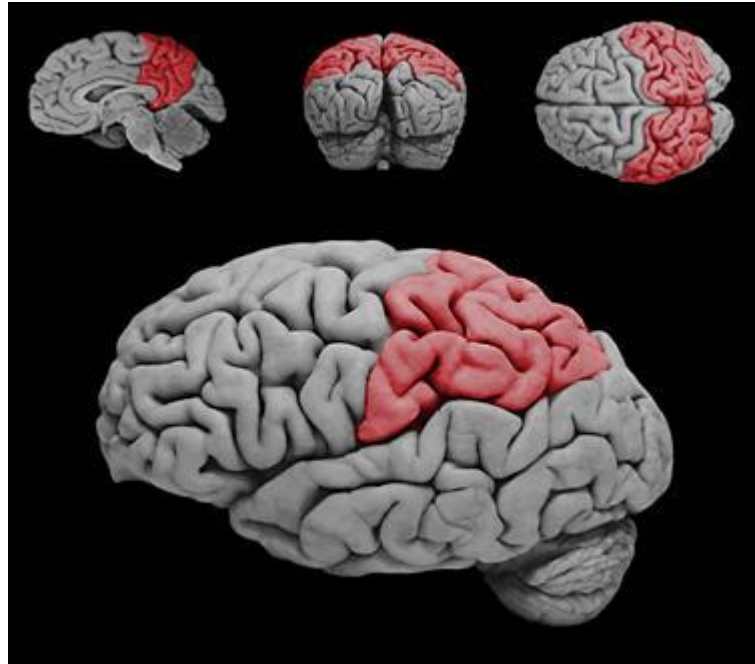


Figura 18 - Córtex parietal no humano

(Extraído de Sylvius 2.0 - Fundamentals of Human Neural Structure)

Gnadt e Beyer (1998) mostraram que os neurônios da região intraparietal lateral que se projetam para o CS estão relacionados à disparidade binocular, provendo informação sobre a profundidade visual (Gnadt e Beyer, 1998). Pare et al. (1999) descobriram que alguns neurônios na região intraparietal ventral adjacente, que exibem forte sensibilidade ao movimento visual, também se projetam para o CS (Pare, Ferraina *et al.*, 1999).

2.4.1.4. Sinais enviados indiretamente do córtex para o CS através do gânglio basal.

Além das conexões diretas que levam sinais do córtex cerebral para o CS, há uma rota indireta através do gânglio basal. Muitas áreas corticais se projetam para o núcleo caudado (NC) que, por sua vez, se projeta para a substância nigra (SNr). Ambas as projeções são excitatórias. A substância nigra pars reticulara contém neurônios GABAérgicos que se projetam para o CS e inibem seus neurônios. Diferente dos sinais enviados do córtex para o CS, que geralmente tomam a forma de elevações da atividade acima da linha de base, os sinais enviados da substância nigra para o CS são geralmente manifestados como uma baixa na atividade (Sommer e Wurtz, 2004).

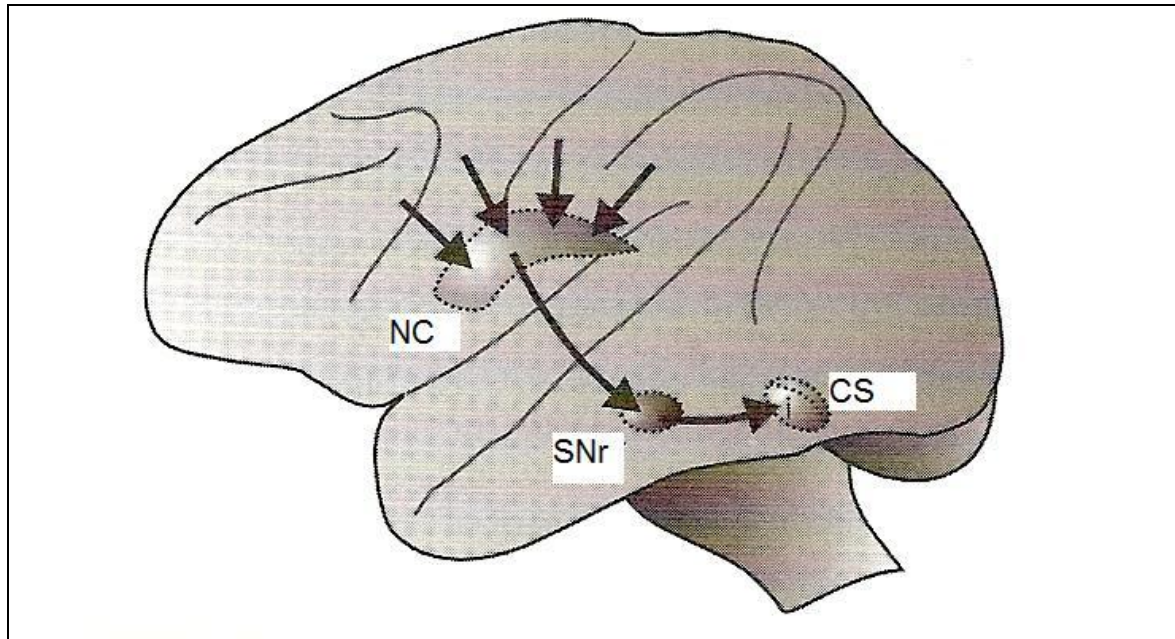


Figura 19 - Projeções ascendentes indiretas do núcleo caudado (NC) para o Colículo Superior (CS)

(Adaptado de Sommer & Wurtz, 2004)

Hirosaka e Wurtz (1983) e Basso e Wurtz (2002) estudaram os neurônios que se projetavam da substância nigra para o CS. Ambos os estudos descobriram uma grande variedade de sinais transmitidos. No primeiro estudo, os autores concluíram que todo tipo de sinal presente na substância nigra pars reticulata parece ser enviado ao CS, inclusive sinais visuais, atividade de atraso e atividade pré-sacádica. De acordo com os autores, a atividade de atraso parece estar relacionada à memória de curto termo visual. Por outro lado, as descargas visuais e pré-sacádicas foram sempre influenciadas pelo contexto da tarefa, sendo diferentes quando as sacadas eram feitas para locais nos quais os sujeitos deveriam se lembrar onde o alvo estava (Hikosaka e Wurtz, 1983). No segundo caso, os autores investigaram se a atividade nos neurônios da substância nigra seria modificada pela mudança de número de estímulos para a identificação de um alvo. Além disso, os autores estudaram como tais mudanças podem contribuir para mudanças observadas no CS em outro estudo. Um, dois, quatro ou oito estímulos visuais apareceram randomicamente enquanto os macacos fixavam um ponto central. Após um tempo, um dos estímulos mudava sua luminância, indicando que esse era o alvo da sacada. Os autores descobriram que os neurônios da substância nigra (que tinham uma pausa na atividade tônica após o aparecimento do alvo e quando as sacadas eram feitas para o alvo) mostraram uma modulação de atividade durante a tarefa de vários alvos. A

atividade neuronal durante a pré-seleção foi reduzida, mas era independente do número de possíveis alvos presentes. Quando um dos estímulos era identificado como o alvo de sacada, mas antes de a sacada ser feita, encontrou-se declínio de atividade. Esse declínio estava relacionado mais à seleção do alvo do que à mudança de luminância e identificação do alvo, pois quando era cometido um erro, quando a luminância mudou, mas não foi feita uma sacada para o alvo, a atividade não declinou. O declínio para a localização do alvo era também acompanhado de um menor declínio das localizações adjacentes. Dessa forma, a atividade da substância nigra muda com a seleção do alvo, assim como acontece com a iniciação da sacada. Além disso, a substância nigra pode fazer contribuições substanciais diretas ao CS. A pausa na atividade da substância nigra com a seleção do alvo é consistente com a hipótese de que o gânglio basal causa uma desinibição para a seleção de movimentos selecionados (Basso e Wurtz, 2002).

Entretanto, Basso e Wurtz (2002) descobriram que as respostas visuais de latência curta dos neurônios da substância nigra eram fortemente moduladas pela probabilidade da seleção do alvo. Juntamente com os resultados de Hirosaka e Wurtz (1983), esses dados sugerem que a maior influência da substância nigra no CS é a mudança de atividade relacionada a estágios iniciais de seleção de alvo sacádico. Presumivelmente, essas influências são primariamente atencionais em natureza, pois são representadas pela responsividade visual alterada.

2.4.1.5. Sinais enviados do córtex estriado para o CS

A projeção direta final do córtex cerebral para o CS que tem sido investigada emana do córtex estriado. Diferente de outras projeções, as projeções do córtex estriado vão primariamente para a camada superior do CS. A camada superficial do CS também recebe projeções diretas da retina. Diversos autores já demonstraram que a atividade do córtex estriado é influenciada pela atenção e pode ter atividade de atraso relacionada à memória visual de curto termo (para uma revisão, ver Sommer e Wurtz, 2004). Dessa forma, é possível que sinais na projeção do córtex estriado tenham algum papel na seleção de alvo sacádico. O único estudo a investigar isto descobriu que, em gatos, os neurônios que se projetam do córtex estriado para o CS melhoram as respostas visuais quando um estímulo é utilizado como alvo para uma sacada, o que não ocorre quando o alvo é passivamente visualizado (Weyand e

Gafka, 2001). Da mesma, Wurtz e Mohler (1976) estudaram a melhora visual em duas áreas do córtex de macacos. A resposta das células a estímulos visuais foi determinada tanto quando o macaco usava o estímulo visual como alvo para um movimento sacádico quanto quando não o fazia. As observações dos autores reforçam a distinção entre o córtex estriado e o CS. O córtex estriado tem a função de analisar características do estímulo. Entretanto, não tem capacidade de avaliar a significância do estímulo. O CS, por outro lado, é um ótimo avaliador de significância, mas um pobre analisador do estímulo (Wurtz e Mohler, 1976).

2.4.2. Projeções ascendentes do CS para o córtex

O CS envia projeções em dois sentidos: na direção da circuitaria que gera sacadas no tronco cerebral e também para o tálamo. Há dois caminhos desinápticos ascendentes mais importantes: um do CS intermediário que vai para o núcleo mediodorsal do tálamo (MD) e então para o córtex pré-frontal, na região do CVF. Outro caminho vai do CS superficial para a região pulvinar do tálamo e depois para região intraparietal lateral (AIL) e outras porções do córtex estriado.

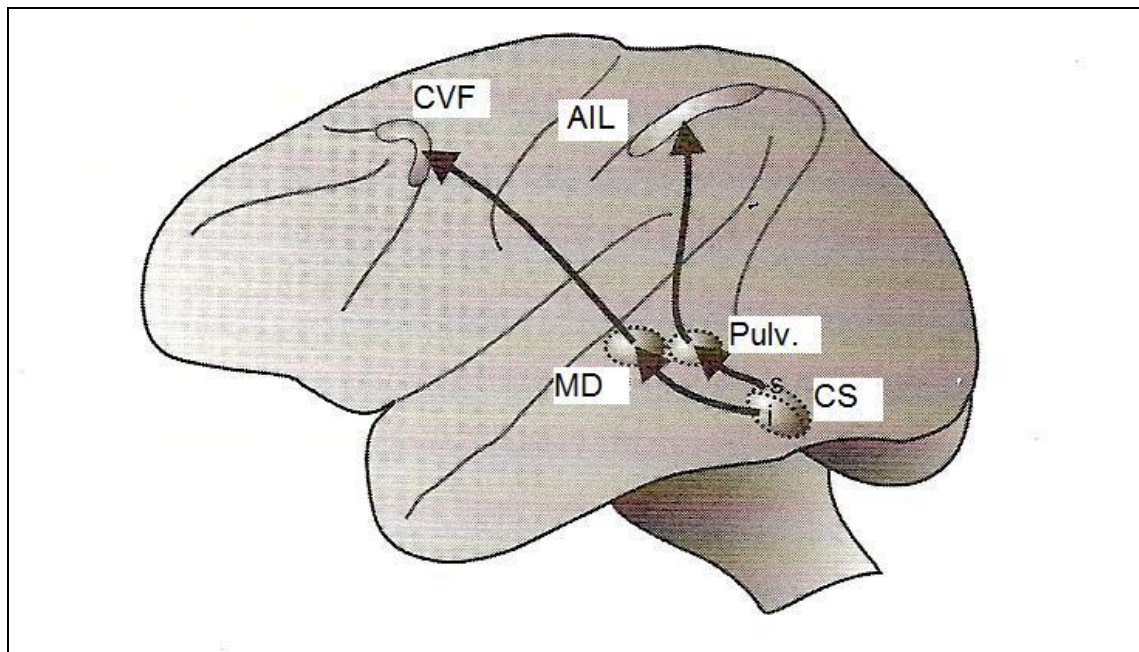


Figura 20 - Projeções ascendentes do CS para o córtex

(Adaptado de Sommer & Wurtz, 2004)

2.4.2.1. Rota ascendente através do núcleo mediodorsal para o córtex pré-frontal

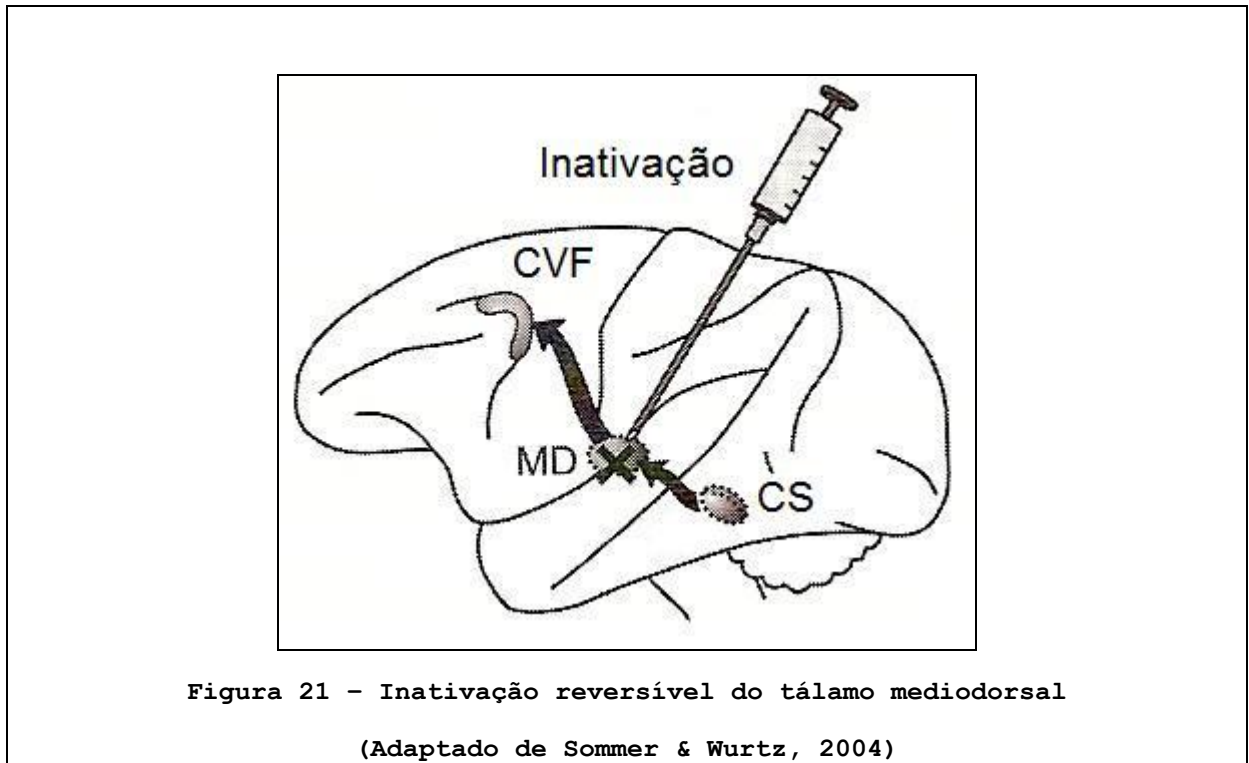
Muito já se especulou sobre uma rota desináptica que vai do CS até o córtex pré-frontal. As duas hipóteses seriam: 1) essa é uma rota de retroalimentação através da qual sinais visuais, alguns modulados atencionalmente, são reenviados do CS para o córtex pré-frontal ou 2) seria uma rota de feedback através da qual o córtex pré-frontal é informado dos comandos sacádicos produzidos pelo CS.

Schlag e Schlag-Rey (1984) e Schlag-Rey e Schlag (1984) obtiveram evidências de ambas as hipóteses na primeira exploração de neurônios únicos no tálamo de primatas.

Recentemente, diversos estudos utilizaram tanto técnicas de gravação de atividade neuronal quanto técnicas de inativação reversível para estudarem o caminho do CS para o CVF via tálamo mediodorsal (MD) (para uma revisão ver Sommer e Wurtz, 2004). Foram estudadas 3 populações de neurônios: 1) neurônios do CS que se projetam para o tálamo mediodorsal, 2) neurônios retransmissores do tálamo mediodorsal e 2) neurônios do CVF. A atividade neuronal nessa rota é muito rápida, pois pôde ser confirmado, tanto através da ativação ortodrômica quanto a ativação antidrômica, que leva aproximadamente 2,5 milésimos de segundos para os sinais irem do CS para o CVF por essa rota. Todos esses neurônios, de acordo com tais estudos, fazem parte dessa rota ascendente. A maior parte dos neurônios nessa rota tem resposta visual e um desencadeamento de atividade pré-sacádica e outros têm apenas um ou outro sinal. Esses resultados corroboram com os dados dos estudos citados anteriormente. Entretanto, através de experimentos de inativação reversível com muscimol, agonista de GABA, dos neurônios de retransmissão, descobriu-se que as sacadas não eram afetadas pela inativação, o que indica que sinais relacionados a sacadas nessa rota ascendente não eram importantes para a execução de sacadas. Entretanto, a descarga corolária foi comprometida.

Os resultados dessas pesquisas encorajam duas hipóteses relacionadas à função dessa rota talâmica mediodorsal. Primeiro, a rota transmite sinais visuais. Dessa forma, isto demonstra que os sinais visuais no CVF não chegam apenas pelas vias aferentes do córtex estriado. Elas chegam das camadas intermediárias do CS, chamando a atenção para a possibilidade de que alguns atributos dos neurônios visuais do CVF (ex.: sua capacidade de discriminar alvos visuais de distratores) podem ser, em parte, devidos a processamento

anterior no CS. Segundo, a rota leva descargas pré-sacádicas para o córtex frontal e a inativação reversível dessa rota demonstrou que são descargas de sinais corolários. A descarga de sinais corolários contribui para a habilidade de se fazer seqüências de sacadas. Além disso, é possível que ela também contribua para a estabilidade ocular durante as sacadas.



2.4.2.2. Rota ascendente através do pulvinar para o córtex visual

Atualmente, sabe-se que alguns neurônios pulvinares mostram melhora visual. Além disso, essa melhora não depende da execução de um movimento ocular. Ainda, a inativação do pulvinar compromete a atenção. Enquanto a anatomia sugere que as regiões do pulvinar de primatas estão na rota para o córtex cerebral, ainda se desconhece a extensão do montante de informações às quais várias regiões do pulvinar utilizam na rota do CS para o córtex (Sommer e Wurtz, 2004).

Também não se sabe a extensão de modificações de atividade neuronal no córtex que a projeção pulvinar-córtex causa, particularmente na área intraparietal lateral ou se os neurônios parietais recebem *input* do pulvinar. Bushnell et al. (1981) descobriram melhoras visuais independente de movimentos no córtex parietal similares àquelas observadas no pulvinar (Bushnell, Goldberg *et al.*, 1981). Experimentos mais recentes realizados no córtex

parietal mostraram melhora em experimentos que utilizaram pistas periféricas (Robinson e Kertzman, 1995).

Enquanto as contribuições funcionais possíveis da rota que vai do CS ao córtex através do pulvinar têm sido mais bem documentadas, na rota do CS ao córtex através do tálamo mediodorsal, a função do pulvinar é muito pouco documentada. Dados recentes sugerem que a atividade neuronal por toda a rota está relacionada à atenção, sendo mais relacionada às sacadas no CS e mais motora no pulvinar e no córtex. Entretanto, tais contribuições ainda carecem de estudos mais aprofundados (Sommer e Wurtz, 2004).

Por fim, uma rota adicional ascendente parece ir da camada superficial do CS até neurônios coniocelulares do núcleo geniculado lateral que, por sua vez, se projeta para o córtex estriado (Hendry e Reid, 2000). Atividade visual deve estar alocada nessa rota. Entretanto, neurônios coniocelulares são extremamente heterogêneos, sendo, assim, difícil de especular sobre seus sinais ascendentes.

2.5. TEORIAS SOBRE ACESSO LEXICAL

Essa sessão sobre o processamento da leitura do ponto de vista da Lingüística tem como objetivo justificar a utilização de um instrumento de leitura de palavras como o que é apresentado neste trabalho.

Quando se fala sobre discurso, percebe-se que, com base em uma determinada hierarquização entre níveis diferentes, a significação de um elemento lingüístico nunca se manifesta no interior de seu próprio nível, pois a significação é uma relação formada por dois elementos que, embora pertençam a níveis diferentes, contraem uma ligação. Dessa forma, através de uma hierarquia de dependências, diferentes níveis distinguem-se através de mecanismos lógicos de implicações. Se tal hierarquia se confirma, pode-se dizer que o texto é um enunciado máximo, concebido do ponto de vista do sentido e sua existência implica na existência de um nível hierárquico menor: a frase. Dessa forma, a existência do nível textual implica a existência do nível frasal e de níveis inferiores a este.

Entretanto, não se pode dizer que um texto (sua significação) seja simplesmente o produto da soma dos sentidos parciais das frases que o integram. A significação é muito mais do que isso. É o resultado das configurações operacionais e sintagmáticas complexas

tais como, por exemplo, a passagem de um nível lingüístico para outro, diferenciação dos paradigmas semelhantes, fenômenos associacionistas, transações que permitam coerência, por sucessivas contextualizações, às “partes de um texto”. É a existência do nível textual que implica, necessariamente, a existência dos demais níveis (o frasal, o fonológico, o morfológico) que, apenas por si, não são autônomos e se organizam em função do nível imediatamente superior e esse percurso só se detém no nível máximo do texto. Segundo Lopes (1995),

o texto possui, na sua finitude sintagmática e estrutural, uma *auto-suficiência semântica*, porque ele encerra – no sentido forte, “delimita” – um “micro-universo de sentido...”. Ou seja, só no texto é que se configura plenamente o significado de todas e de cada uma de suas partes integrantes, sejam frases, períodos, capítulos ou qualquer outro demarcador utilizado (Lopes, 1995).

Além disso, deve-se considerar que os percursos realizados para a compreensão e a interpretação do texto acima citadas só podem ser feitos por um sistema cognitivo humano capaz de dominar o código lingüístico. Assim, pode-se concluir que nenhum ser humano se comunica, de forma efetiva, única e exclusivamente usando um fonema, um morfema, uma palavra, uma frase. O texto é, por toda a sua constituição, a forma específica da manifestação da linguagem. Qualquer forma textual é formada pelo “encadeamento” de frases que se complementam de forma lógica e que são necessárias à compreensão de um discurso que, por sua vez, exige o envolvimento ativo do ouvinte/leitor no sentido de complementar, através da utilização de mecanismos inferenciais, as informações que estão explícita e implicitamente contidas no referido discurso⁴, para formar uma unidade maior de sentido.

O objetivo final na leitura de uma sentença como parte de um discurso maior é a interpretação de todo o texto encontrado até determinado momento. Isso significa que a informação apresentada na sentença terá de ser integrada à representação do discurso que irá servir como base para a interpretação da próxima sentença no texto.

⁴ Os resultados de investigações em Psicolingüística têm, em sua grande maioria, confirmado essa hipótese (Johnson-Laird; Brandsford, 1979; Sternberg e Smith, 1991; Eysenck e Keane, 1994; Garnham e Oakhill, 1994).

O processo de leitura como um todo requer que o leitor integre informações de um número de diferentes fontes. Consideremos os seguintes exemplos nos quais a frase 1 se relaciona com a frase 2 e posteriormente com a frase 2':

(1) José₁ queria emprestar dinheiro a seu amigo₂.

(2) *Ele₂ estava com dificuldades financeiras e...* (ele precisava do dinheiro.)

(2') Entretanto, *ele₁ estava com dificuldades financeiras e...* (ele não podia fazer o empréstimo.)

Fica claro aqui que os dois pares de sentenças levam a interpretações diferentes até determinado ponto do texto, além de levarem a diferentes interpretações o mesmo fragmento das sentenças 2 e 2' (*ele estava com dificuldades financeiras*). Entretanto, enquanto o pronome “ele” se refere ao amigo na sentença 2, o mesmo pronome se refere a José na sentença 2'. Ao mesmo tempo, enquanto o estado do amigo expresso em 2 irá nos remeter à razão de José querer emprestar o dinheiro, isso não acontecerá em 2'. Dessa forma, a resolução tem que integrar as informações obtidas na prévia representação do discurso (nesse caso, a possibilidade de se remeter a qualquer um dos dois referentes: “José” ou “seu amigo”) com informações surgidas das propriedades lingüísticas dos elementos na sentença (por exemplo, anáforas) e ao mesmo tempo submeter os resultados a inferências pragmáticas associadas ao relacionamento entre eventos possíveis e plausíveis no discurso (“dificuldades financeiras”, “precisar de um empréstimo” ou “não ser capaz de oferecer um empréstimo”).

Conforme observamos, níveis hierárquicos inferiores ao nível do texto não são utilizados pela comunicação humana como forma de comunicação efetiva. Entretanto, muito da pesquisa em leitura tem focado justamente a problemática de uma instância textual, digamos, menor: a palavra. A palavra é, segundo o estruturalismo norte-americano, a unidade mínima com som e significado e que pode, sozinha, constituir enunciado. Em outras palavras, ela é o nível mais baixo de significação lingüística necessário para se chegar a níveis maiores de processamento.

Em psicolingüística, modelos de identificação de palavras têm ignorado o papel da morfologia no processamento léxico. Reichle e Perfetti (2003) demonstraram que um

modelo computacional geral de identificação de palavras que pode explicar uma variedade de fenômenos nessa tarefa cognitiva, pode também explicar fenômenos relacionados à morfologia (Reichle e Perfetti, 2003).

Teorias sobre o processamento de morfemas podem se classificadas de acordo a como se explica a identificação de palavras polimorfêmicas. Proponentes dos modelos composicionais afirmam que os significados de palavras complexas são construídos a partir de seus morfemas componentes (Mackay, 1978; Jarvella e Meijers, 1983). Por essa perspectiva, uma palavra complexa tem primeiramente seus componentes separados para que as unidades de significado possam ser identificadas e, dessa forma, reagrupadas para formar seu significado como um todo. Por exemplo, o significado da palavra *microonda* pode ser decodificado primeiramente pela “quebra” da palavra em seus componentes internos e então é feita a averiguação de seu significado através desses componentes. Os modelos composicionais ou de *parsing* pleno demandam um maior custo computacional que proporcionam, por outro lado, economia da armazenagem mnemônica. O isolamento das unidades morfológicas é um algoritmo *bottom-up*. Nesse caso, operações de segmentação de morfemas levam ao acesso lexical. Isto é, a identificação de subunidades lexicais leva a uma operação na qual tais subunidades são montadas em todos maiores, os itens lexicais.

Por outro lado, proponentes dos modelos de listagem plena defendem que palavras complexas são representadas em sua totalidade (Reichle e Perfetti, 2003). Dessa forma, a palavra *microonda* seria representada como uma entidade única, com representações separadas para palavras *micro* e *onda* e até mesmo para a forma plural da palavra. O acesso lexical direto caracteriza-se por ser uma heurística do tipo *top-down*, que tem como ponto de partida o input sensorial e que parte para um nível de representação mais alto do item lexical, ou seja, a palavra inteira, tomada como um listema (Maia, Lemle *et al.*, 2007), não precisando recorrer à análise de possíveis subcomponentes do item.

Ambas as visões não se excluem e, dessa forma, surgiram teorias que incluem representações separadas e composicionais (Caramazza, Laudanna *et al.*, 1988). Nessas teorias híbridas, que incluem heurísticas *top-down* e algoritmos *bottom-up*, palavras complexas são identificadas através da “disputa” entre processos composicionais e de busca pela palavra como um todo. Essas teorias ressaltam que algumas palavras são mais

suscetíveis à decomposição do que outras. Em outras palavras, esse modelo assume que o conhecimento sobre palavras (ortografia, fonologia e significado) é acumulado com experiências obtidas de palavras individuais e esse conhecimento é refletido em dois aspectos funcionalmente diferentes de processamento de palavras: a familiaridade e a disponibilidade.

O precursor dos modelos estruturais é o modelo de *Affix-Stripping* de Taft e Foster (1975). Em uma tarefa de decisão lexical, os autores demonstraram que palavras com raízes reais precedidas por prefixos (*e.g.* re+absorver) são mais difíceis de rejeitar do que palavras com pseudo-raízes (re+alizar). A rejeição de raízes reais seria mais lenta, pois seriam armazenadas separadamente dos afixos. Dessa forma, após a operação de isolamento do afixo, essas raízes que podem ser localizadas no léxico, requerem consideração extra na tarefa de decisão lexical. Por outro lado, as palavras com pseudo-raízes apresentaram tempos de rejeição menores, pois não poderiam ser localizadas no conjunto de raízes possíveis no léxico (Taft e Forster, 1975). Posteriormente, Taft (1979) demonstra que o efeito de decomposição morfológica desse modelo pode também ser obtido em palavras com sufixos (Taft, 1979). Em 1994, Taft faz ajustes no modelo prevendo que a rota padrão seja a decomposicionalidade morfológica. Por outro lado, o autor atenta para o fator frequência que também pode exercer um efeito que resulta em baixa ativação dos morfemas nas palavras mais frequentes, aproximando seu modelo dos modelos duais (Taft, 1994).

De outra forma, a hipótese *Full Listing* de Butterworth propõe que as palavras estejam disponíveis no léxico já com sua morfologia, sendo acessadas em sua forma plena, sem qualquer operação de decomposição. Os modelos conexionistas como, por exemplo, o desenvolvido por Seidenberg e McClelland em 1989 também propõem uma arquitetura paralela e distribuída de reconhecimento visual de palavras. Nessa teoria julga-se que os ajustes nos pesos das conexões das unidades ortográficas e fonológicas sejam propagados através do algoritmo de aprendizagem, simulando o reconhecimento de palavras de forma associativa e rápida, sem se utilizar da informação morfológica (Maia, Lemle *et al.*, 2007).

Caramazza e colaboradores (1988) propuseram o modelo *Augmented Addressed Morphology – AAM*, um modelo misto que combina aspectos dos modelos de *Full Listing* e de *Affix-Stripping*. Esse modelo propõe que as palavras familiares sejam acessadas de forma plena, enquanto as palavras desconhecidas passam pelo processo decomposicional

(Caramazza, Laudanna *et al.*, 1988). Assim como o modelo AAM, Schreuder e Baayen (1995) propõem um modelo de dupla rota paralela no qual tanto uma rota de *parsing* morfológico quanto uma rota direta trabalham em paralelo, desde o início do processo de reconhecimento lexical (Schreuder e Baayen, 1995). O modelo de Marslen-Wilson e colaboradores (1994), estabelecido com base em experimentos de *priming*, propõe que a decomposição morfológica seja mais provável quando a relação entre a palavra composta com afixos e a sua raiz é transparente (Maia, Lemle *et al.*, 2007). Pinker (1991) criou um modelo que prevê que formas regulares de palavras são acessadas via concatenação morfológica, enquanto as irregulares são armazenadas plenamente no léxico (Pinker, 1991). Por outro lado, Stockall e Marantz (2006) rejeitam o ponto de vista de Pinker (1991), apresentando evidências (obtidas de experimentos que utilizam a magnetoencefalografia) de que um único mecanismo de concatenação morfológica dá conta tanto de palavras regulares quanto irregulares em língua inglesa (Stockall, 2006).

Como se pode observar, a literatura apresenta grande divergência de posições teóricas e métodos. Os experimentos realizados com movimentos oculares reportados por Maia, Lemle e França (2007) demonstram que há processamento morfológico no interior da palavra, conforme predito pelas teorias de *parsing* pleno. O rastreamento da leitura das mesmas palavras indicou maior número de fixações em uma condição com morfemas com leitura composicional do que em condições com pseudo-morfemas e com morfemas que determinam leitura arbitrária. Houve também ocorrência de padrões oculares indicativos de acesso lexical direto, apresentando evidências em favor de modelos de dupla rota que prevêem tanto a computação quanto o acesso direto. Dessa forma, os autores sugerem que o acesso lexical seja um processo extremamente complexo, justificando que se realizem outras pesquisas, controlando-se com maior precisão fatores tais como o ponto de concatenação dos sufixos, as frequências de ocorrência dos itens lexicais, o grau de familiaridade que diferentes grupos de sujeitos podem ter com as palavras, bem como suas polissemias.

3. ESTUDO

3. Estudo

3.1. Objetivo

Objetivo geral

Avaliar o efeito da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua em Campo Visual Frontal sobre o padrão dos movimentos oculares na leitura.

Objetivos específicos

1. Avaliar o efeito da ETCC anódica e catódica sobre o Tempo de Fixação [TF] em um ponto específico após o aparecimento das palavras a serem lidas;
2. Avaliar o efeito da ETCC anódica e catódica sobre a duração do primeiro movimento sacádico [S1] antes do início da leitura das palavras;
3. Avaliar o efeito da ETCC anódica e catódica sobre o tempo para realização da leitura da seqüência de palavras [TL].

3.2. Método

Sujeitos

Participaram do estudo 7 universitários, sendo apenas 2 do sexo masculino, com idade média de 20 anos e 3 meses. Todos os participantes eram emétopes ou tinham a visão corrigida. Foram incluídos no estudo apenas participantes destros (Coeficiente de Edimburgo > +80%) e sem histórico de problemas de aprendizagem.

Material

Prova de Leitura

Para o presente estudo foi desenvolvida uma prova específica de leitura de palavras. A prova foi formada a partir da seleção de 240 palavras da língua portuguesa, sendo 48 verbos e 192 substantivos. Todos os 240 itens tinham o comprimento de 5 letras, mas agrupados em função de 3 variáveis psicolinguísticas: frequência de ocorrência na língua, regularidade e classe gramatical (verbo ou substantivo).

Frequência: palavras de alta frequência, selecionadas do *Corpus NILC Universidade de São Carlos* (Linguatca, 1999) elaborado a partir de registro jornalístico, didático, epistolar e escolar do Português do Brasil e pode ser acessado via internet no site *Linguatca* (www.linguatca.pt);

Regularidade: palavras regulares e regras;

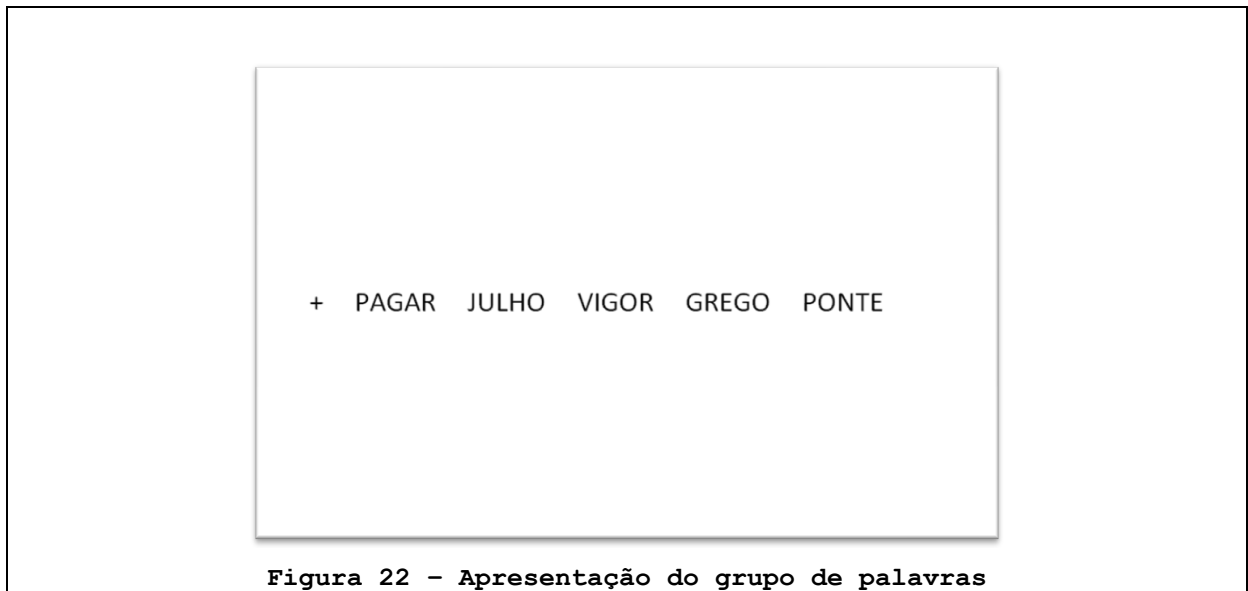
Classe Gramatical: foram selecionados apenas verbos e substantivos. A fim de contrabalancear o efeito da estrutura silábica, cada uma das palavras era formada por duas sílabas em função das relações entre consoantes (C) e vogais (V) da seguinte forma: 48 verbos com a estrutura CV-CVC; e 192 substantivos, sendo 48 com a estrutura CV-CCV; 48 com CCV-CV; 48 com CV-CVC e 48 CVC-CV.

Os 240 itens foram usados para formar as seqüências de itens, com 5 palavras cada que deveriam ser lidas pelos sujeitos. Cada uma das seqüências foi formada de tal forma a ter sempre 1 verbo e 4 substantivos com as quatro estruturas silábicas diferentes distribuídos de maneira contrabalanceada. Assim, cada seqüência continha substantivos com diferentes estruturas silábicas nas posições 1, 2, 3, 4 e 5 da linha. Os verbos, por terem apenas uma estrutura silábica, nunca foram apresentados na posição 5 (vide Apêndice D). Isto foi feito pois as informações dos movimentos oculares obtidas na posição 5 não foram analisadas, uma vez que o sujeito olhava para esta palavra por mais tempo do que nas outras posições. Desta forma, foram criadas ao todo 384 seqüências diferentes, que foram distribuídas em 8 listas distintas com 48 seqüências cada. A Tabela 1 exemplifica a distribuição de uma das 8 listas de seqüências. Cada uma destas listas foi utilizada para avaliação antes e depois das intervenções de ETCC.

Posição	1	2	3	4	5 (posição descartada na análise)	
VERBO	12	12	12	12	0	
CV – CCV	9	9	9	9	12	
CCV – CV	9	9	9	9	12	
CV – CVC	9	9	9	9	12	
CVC – CV	9	9	9	9	12	
Total de palavras	48	48	48	48	48	240

Tabela 1 - Distribuição do total de palavras na prova de leitura

Cada seqüência de palavras foi apresentada individualmente no centro da tela. Entre a apresentação das seqüências um sinal de + era apresentada no lado esquerdo da tela a fim de servir como ponto de referência e que o sujeito deveria fixar antes da apresentação da seqüência seguinte. A Figura 22 ilustra uma das telas do teste com o sinal + e a seqüência que deveria ser lida.

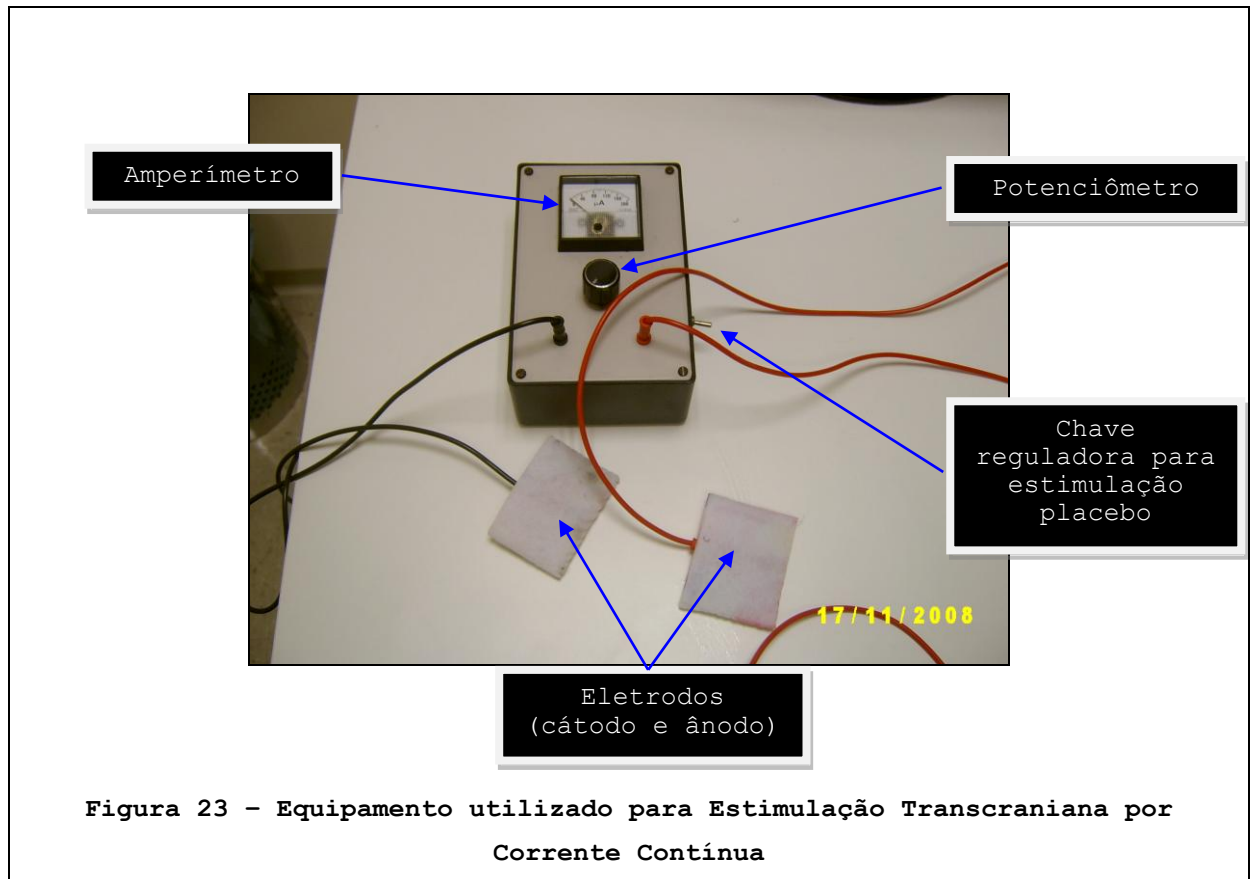


Equipamentos

Equipamento utilizado para a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

O equipamento utilizado para gerar corrente contínua é constituído por quatro componentes principais (Boggio, 2006) dois eletrodos, sendo um ânodo e outro cátodo; um amperímetro para medir a intensidade de corrente elétrica; um potenciômetro para controlar a intensidade da corrente; e um jogo de baterias para gerar a corrente aplicada. A Figura 23 ilustra um equipamento.

Os eletrodos utilizados no experimento desse estudo têm dimensões de 5x7cm (35cm²). São compostos por borracha condutora de eletricidade e envoltos por esponjas embebidas em soro fisiológico. No que se refere à segurança do experimento, é importante apontar que, até o momento atual, nenhuma pesquisa apresentou dados de efeitos colaterais produzidos pela ETCC (BOGGIO, 2006).



Equipamento utilizado para análise dos movimentos oculares

Foi utilizado o equipamento computadorizado *Tobii® 1750*, desenvolvido pela *Tobii Technology*. Esse equipamento registra o movimento ocular com base no reflexo corneano. Tal equipamento é composto por um monitor de 17 polegadas *TFT 1280x1024 pixels*, que tem duas câmeras de alta resolução embutidas em sua parte inferior, junto aos diodos que emitem raio infravermelho (*Near Infra-Red Light-Emitting Diodes – NIR-LEDs*), na direção de ambos os olhos. A luz infravermelha ao atingir a retina, passando pela córnea, gera *reflexo corneano* que é captado pelas filmadoras embutidas.

As imagens da câmera e as coordenadas são computadas e a partir do resultado é reconstruído o registro de traçado ocular. O equipamento tem uma tolerância para o movimento livre da cabeça (30 x 15 x 20 cm), pois é binocular e ambos os olhos são gravados simultaneamente.

O equipamento *Tobii® 1750* é conectado a um computador *Dell®* com processador *Pentium® 4*, que é o mesmo utilizado para a aplicação dos procedimentos e para o controle de posicionamento ocular do sujeito.

Os programas *TET Server (Tobii Eye Tracking Server)* versão 2.8.5. e o *ClearView* versão 2.5.1., ambos operados no sistema *Windows XP®*, possibilitaram a interface do equipamento com o computador e com outros programas para que fossem realizados o cálculo e a análise de dados. Esses programas geram arquivos com as propriedades do movimento ocular. Os dados podem ser exportados em arquivos compatíveis com o software *Microsoft Excel®*, como *real time* em arquivo *AVI* ou como imagens do tipo *Hot Spot*.

Para a avaliação de movimentos oculares, o sujeito foi acomodado numa cadeira à distância de 50 cm da tela do computador e o equipamento foi calibrado. A calibração ocorre de forma automática.

A prova de leitura de palavras foi apresentada em arquivos de formato *bitmap (BMP)* com resolução 800 x 600 *pixels* em fonte *Microsoft ClearType®* (LARSON, 2004), cor preta, tipo *Bold*, tamanho 18 e em fundo branco.

Procedimento

A fim de avaliar o efeito da ETCC em CVF sobre o padrão dos movimentos oculares durante a leitura de seqüência de palavras, cada sujeito foi avaliado antes e após cada uma das 3 condições de estimulação: anódica, catódica e placebo. Em cada uma das sessões foi usada duas das 8 listas de seqüências, sendo que cada sujeito leu no máximo 6 seqüências diferentes. Este tipo de delineamento experimental permite com cada sujeito seja o controle de si mesmo.

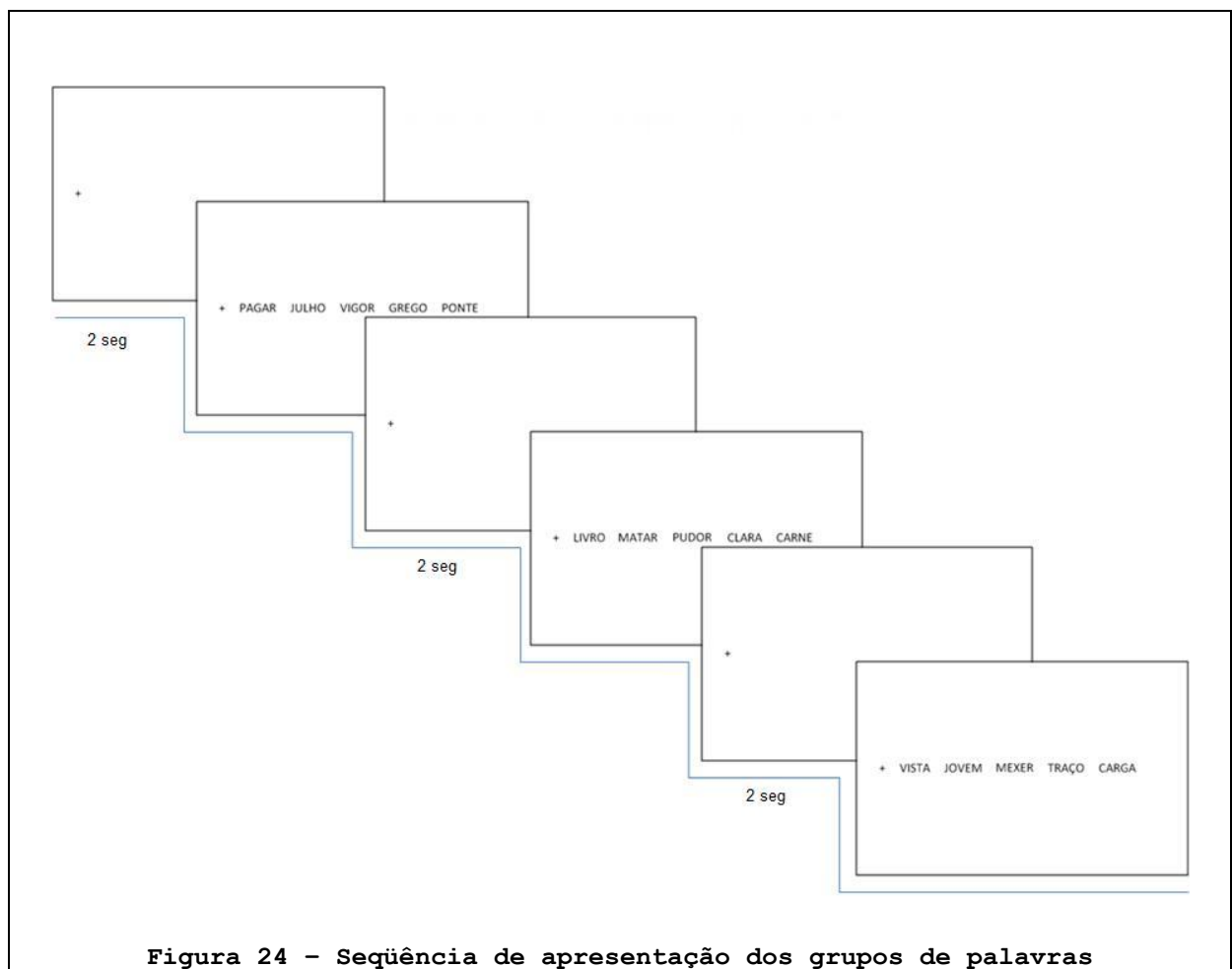
O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie e todos os participantes leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início do experimento.

A fim de evitar o efeito da ordem de aplicação, foi feita alocação aleatória dos sujeitos em uma das 3 condições possíveis: 1) Placebo, Ânodo, Cátodo; 2) Ânodo, Cátodo Placebo; 3) Cátodo, Placebo e Ânodo. Estas 3 condições compõe um delineamento do tipo

quadrado latino. O delineamento foi do tipo duplo-cego, pois nem o sujeito e nem o avaliador sabiam a condição experimental de cada um dos participantes.

Antes do início do experimento era feita a calibração do equipamento de registro dos movimentos oculares para cada participante. Em seguida, os sujeitos eram instruídos a não movimentarem a cabeça durante a leitura dos itens que apareceriam na tela do computador.

As telas com os itens a serem lidos eram apresentadas por 3 segundos, com intervalo de 2 segundos entre uma tela e outra. Foi solicitado aos sujeitos que lessem em voz alta todas as palavras e que fixassem na última palavra à direita até que ela desaparecesse, devendo então olhar para a + à esquerda. A Figura 24 ilustra a apresentação de 3 telas com as palavras a serem lidas e o ponto com o sinal de + que servia como referência



Após leitura da seqüência de itens do pré-teste, um dos eletrodos era posicionado em CVF direito e seu par em músculo deltóide direito. Em seguida, iniciava-se a estimulação,

dependendo da condição experimental: anodo, catodo, placebo. Após 5 minutos de estimulação, o sujeito iniciava a leitura de uma nova lista de palavras, e a estimulação continuava até o final da prova de leitura, por mais 10 minutos. A Figura 25 ilustra o posicionamento dos eletrodos durante a fase de estimulação.

Ao término do experimento, eram obtidos os dados referentes aos movimentos oculares durante as duas fases de leitura. A qualidade do desempenho de cada um dos sujeitos experimentais foi obtida a partir dos dados gerados pelo equipamento *Tobii*®.

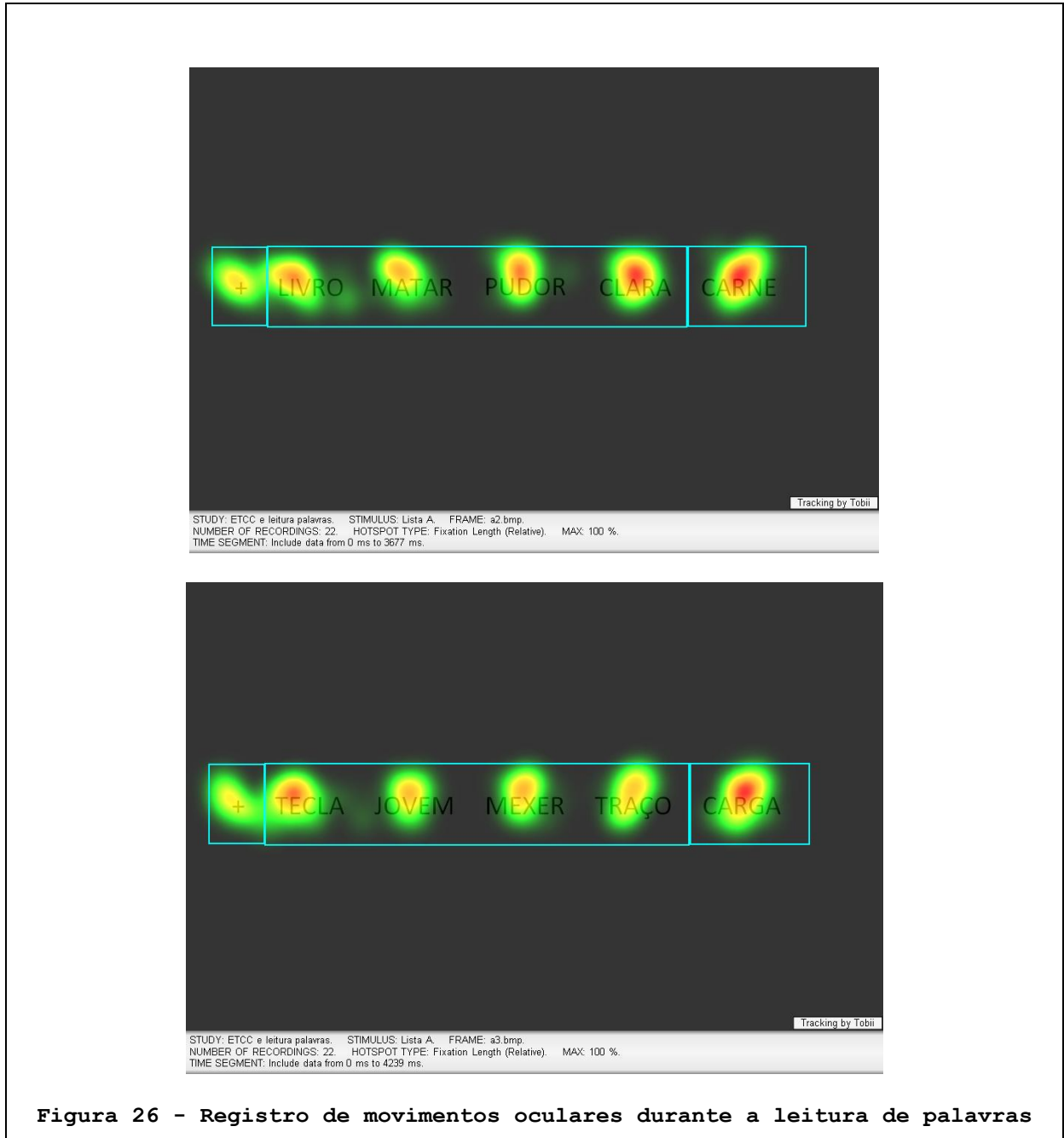


O experimento foi duplo-cego a fim de evitar o efeito de variáveis intervenientes na análise e compreensão dos resultados. As sessões ocorreram no laboratório de neurociências com duração média de 50 minutos. Além disso, as sessões ocorreram em intervalo de 2 dias.

3.3. Resultados

No intuito de comparar os padrões de movimentos oculares, foram analisadas as seguintes variáveis: Tempo de Fixação (**TF**) no ponto à esquerda após o aparecimento das palavras; Tempo da primeira sacada (**S1**), sendo considerado o tempo desde o aparecimento da lista de palavras até o final da primeira sacada à direita para a leitura da primeira palavra; e Tempo de leitura da seqüência de palavras (**TL**). As variáveis foram analisadas comparando o desempenho na leitura de palavras isoladas antes e depois da estimulação em três condições

diferentes: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua catódica em CVF direito; Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua anódica em CVF direito; e Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua placebo.



Tempo do primeiro movimento sacádico (S1)

A fim de avaliar se o tipo de ETCC tem efeito sobre o tempo de realização do primeiro movimento, ANOVA de medidas repetidas foram conduzidas considerando como variável dependente a variação percentual do desempenho dos participantes nos momentos pré

e pós estimulação. Resultados revelaram efeito da condição ($F_{[2,12]}=3,9514$, $p=0,048$). Análises post hoc Fisher LSD revelou diferença da estimulação catódica para o placebo ($p=0,024250$) e de catódica para anódica ($p=0,043056$). O gráfico 1 ilustra a variação percentual em função da condição de ETCC.

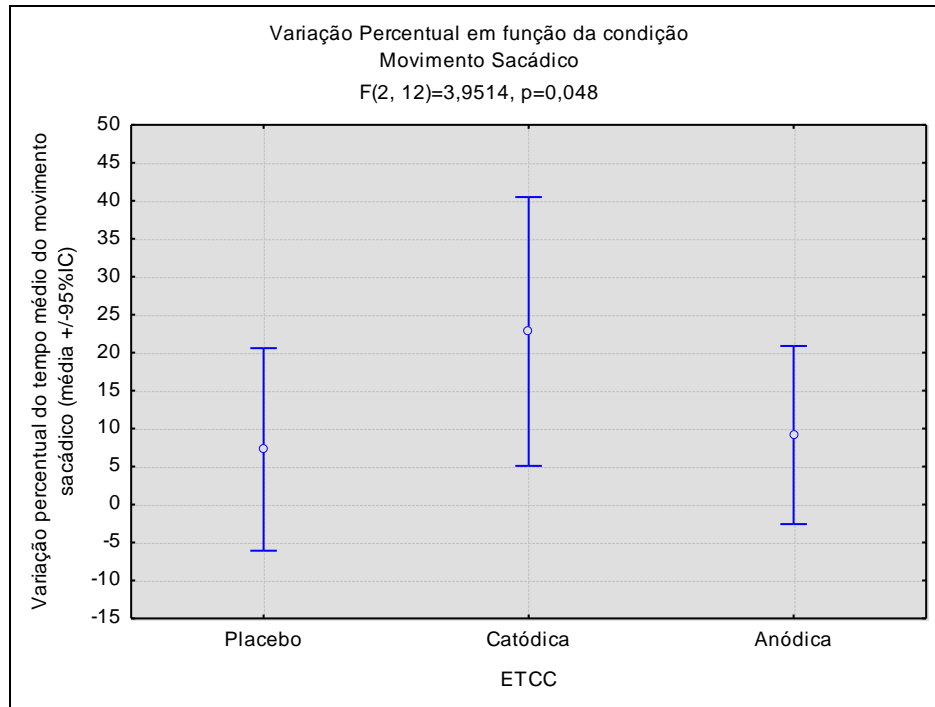


Gráfico 1 - Variação percentual em função da condição de estimulação

Análise descritiva revela aumento significativo do tempo para a realização do movimento sacádico entre pré e pós estimulação na condição catódica de mais de 8 milésimos de segundo. A Tabela 2 apresenta os valores do tempo dos movimentos sacádicos antes e depois da estimulação para as 3 condições experimentais.

		Média	Dp	N
Placebo	Pré-ETCC	26,3024	6,34583	7
	Pós-ETCC	25,9616	4,20739	7
Catódica	Pré-ETCC	24,5501	3,67257	7
	Pós-ETCC	32,9570	7,50522	7
Anódica	Pré-ETCC	26,2848	4,85628	7
	Pós-ETCC	29,2282	5,51634	7

Tabela 2 - Valores do tempo dos movimentos sacádicos antes e depois da ETCC nas 3 condições experimentais

O gráfico 2 apresenta as medidas de tempo do primeiro movimento sacádico para todos os 7 sujeitos estudados na condição Placebo. Observa-se que as maiores discrepâncias foram observadas nos sujeitos de número 4, 5 e 7, com discreto aumento no tempo de S1. O sujeito de número 6 é o que apresenta a maior divergência dentre todos os sujeitos, pois é o único que apresenta um alto valor de S1 na pré estimulação, quando se compara estes valores aos valores da pós estimulação. Não foi encontrada variação nos valores de S1 nos sujeitos 1, 2 e 3.

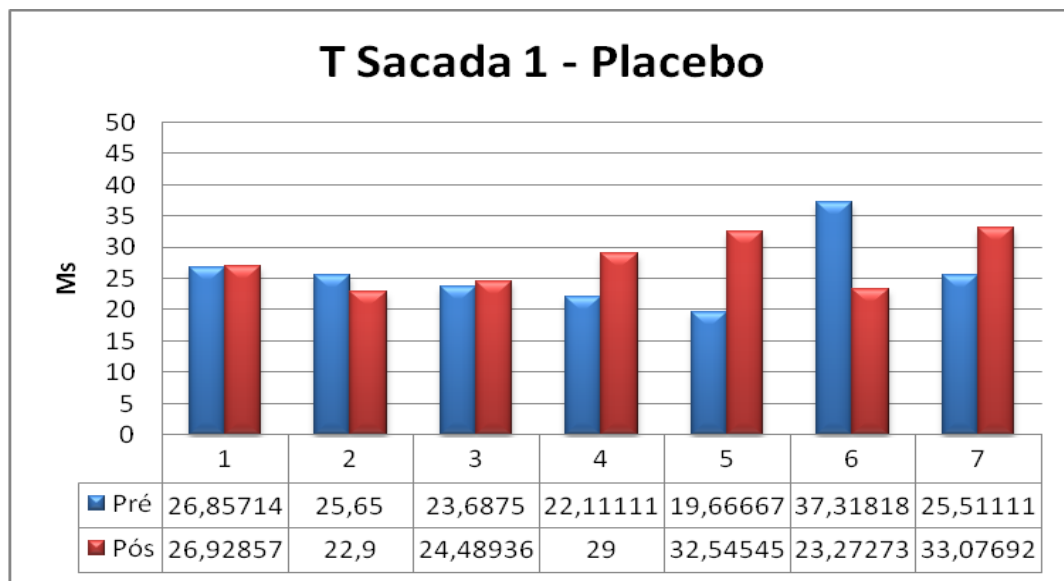


Gráfico 2 - Tempo médio do primeiro movimento sacádico na condição Placebo

No gráfico 3 podem ser observadas as medidas de tempo do primeiro movimento sacádico para todos os 7 sujeitos estudados na condição Catódica. As maiores discrepâncias foram observadas nos sujeitos de número 1, 4, e 7, com aumento mais acentuado no tempo de S1 após a estimulação. Os sujeitos de número 2 e 3 apresentam discreto aumento do tempo de S1 após a estimulação, enquanto nos sujeitos 5 e 6 esse padrão se inverte, pois o tempo de S1 é menor na pós estimulação.

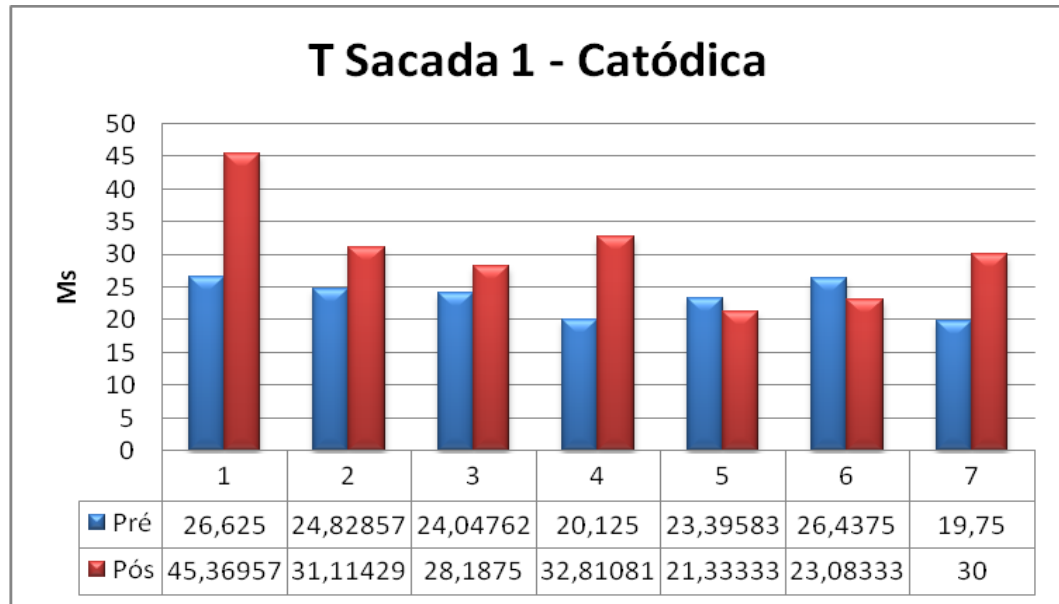


Gráfico 3 - Tempo médio do primeiro movimento sacádico na condição Catódica

No gráfico 4 são apresentadas as medidas de tempo do primeiro movimento sacádico na condição Anódica. Os sujeitos 1, 2 e 4 não apresentaram diferenças entre a pré e a pós estimulação. Entretanto, os sujeitos 3, 5 e 7 apresentam aumento mais acentuado no tempo de S1 após a estimulação. O sujeito 6 é o único que apresenta diminuição no tempo de S1 na pós estimulação.

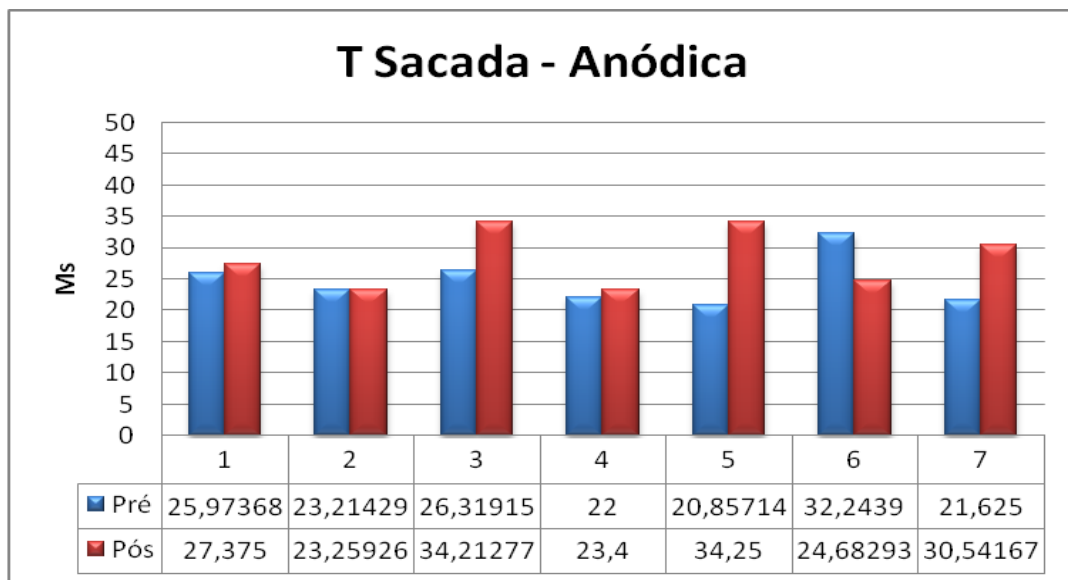


Gráfico 4 - Tempo médio do primeiro movimento sacádico na condição Anódica

Tempo de Fixação (TF)

A fim de avaliar se o tipo de ETCC tem efeito sobre o tempo em que o sujeito fixa no ponto de referência à esquerda depois do aparecimento dos itens a serem lidos, ANOVA de

medidas repetidas foram conduzidas. Resultados revelaram efeito principal do tipo de estimulação ($F_{[2,12]}= 6,149$; $p<0,015$). Não foram observados efeito do momento ($F_{[2,6]}= 2,987$; $p<0,135$) e interação ($F_{[2,12]}= 1,516$; $p<0,259$). Assim, os resultados mostram aumento no tempo de fixação no ponto à esquerda de 207,68 milésimos de segundos na primeira avaliação para 263,61 da segunda avaliação. A Tabela 3 apresenta os valores do tempo de fixação antes e depois da estimulação para as 3 condições experimentais.

		Média	Dp	N
Placebo	Pré-ETCC	186,8638	32,15631	7
	Pós-ETCC	189,8151	30,61474	7
Catódica	Pré-ETCC	207,6817	44,26684	7
	Pós-ETCC	263,5089	83,19125	7
Anódica	Pré-ETCC	197,4067	27,44108	7
	Pós-ETCC	194,7772	31,92485	7

Tabela 3 - Valores do tempo de fixação antes e depois da ETCC nas 3 condições experimentais

A fim de verificar as diferenças entre as três condições, testes *post hoc* foram conduzidos e revelaram aumento significativo da condição de estimulação catódica em comparação com o placebo ($p<0,030$) e da estimulação catódica em comparação com a anódica ($p<0,050$). O Gráfico 5 ilustra o tempo médio em milésimos de segundos antes e depois da ETCC para as três condições.

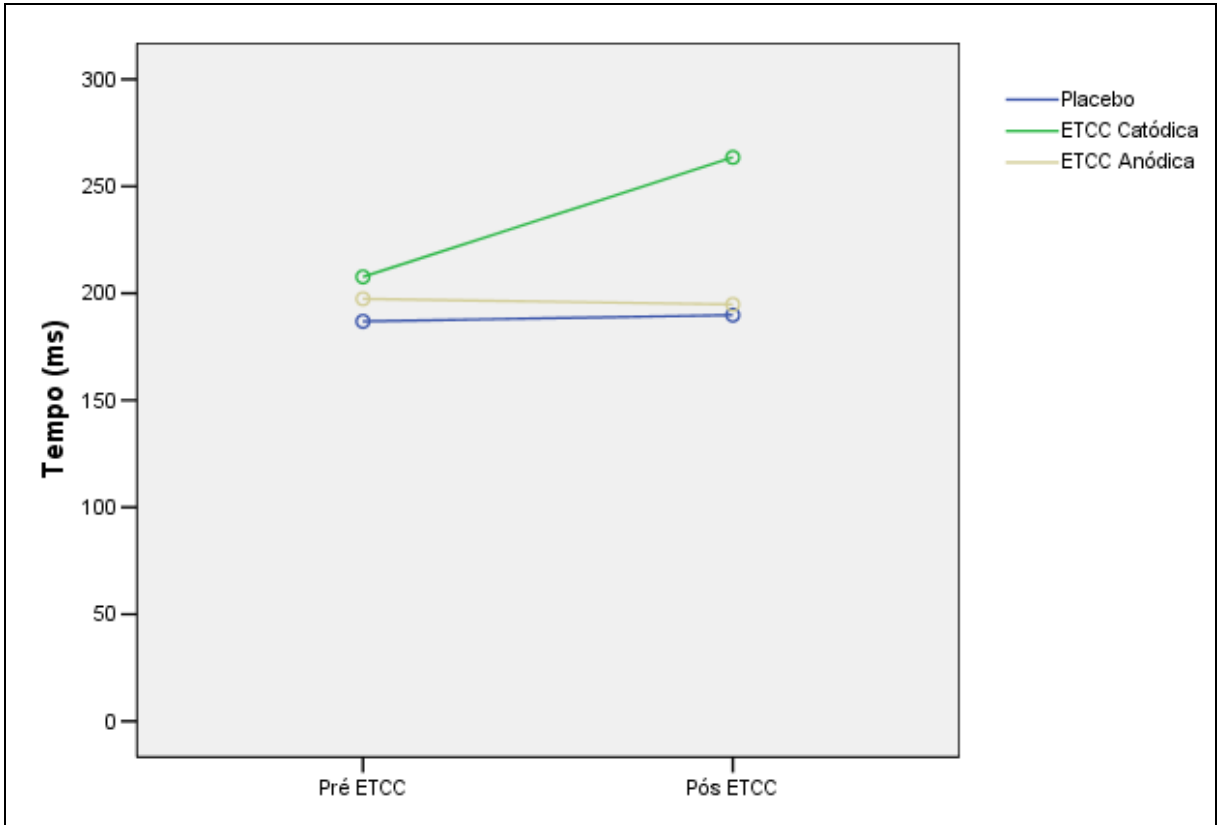


Gráfico 5 - Tempo médio antes e depois da ETCC para as três condições

O gráfico 6 apresenta as medidas de TF para todos os 7 sujeitos estudados na condição Placebo. Observa-se que as medidas são homogêneas, não havendo discrepâncias nesta condição.

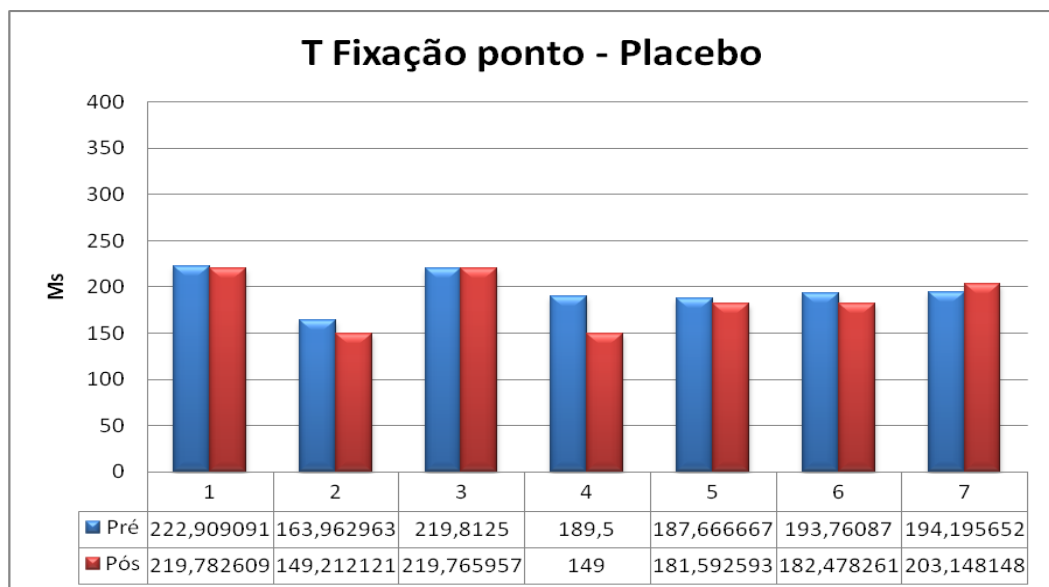


Gráfico 6 - Tempo médio de fixação na condição Placebo

O gráfico 7 apresenta as medidas de tempo de fixação para todos os 7 sujeitos estudados na condição Catódica. Observa-se que as maiores discrepâncias foram observadas nos sujeitos de número 4 e 7, com aumento do tempo de reação bastante elevado após estimulação. Os sujeitos 3 e 5 apresentaram leve diminuição no TF após a ETCC. Os sujeitos 1, 2 e 6 não apresentaram diferença entre os dois momentos de estimulação.

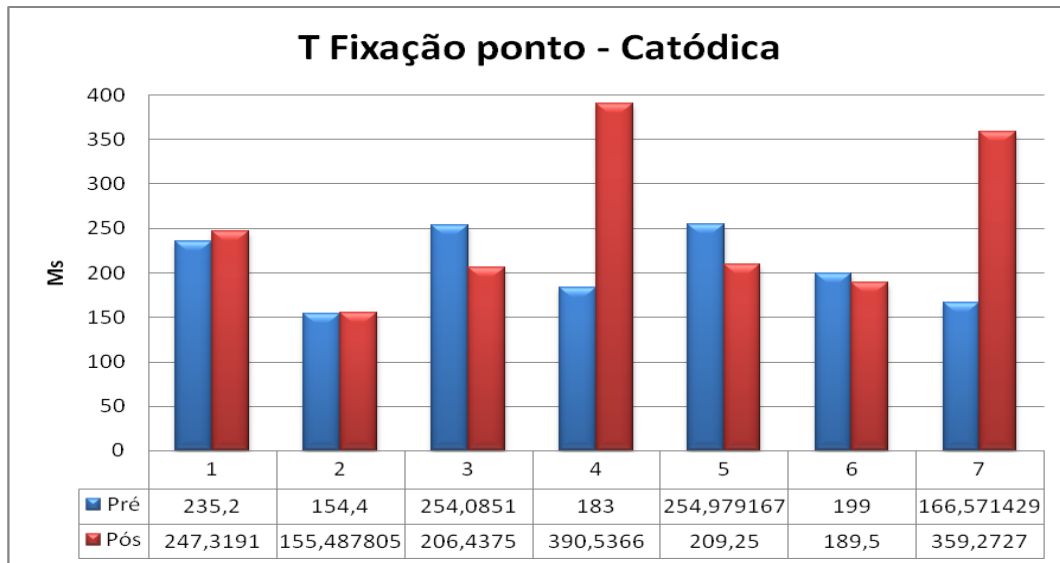


Gráfico 7 - Tempo médio de fixação na condição Catódica

O gráfico 8 apresenta as medidas de tempo de fixação dos 7 sujeitos na condição Anódica. Observa-se que quase não há variação entre a pré estimulação e a pós estimulação.

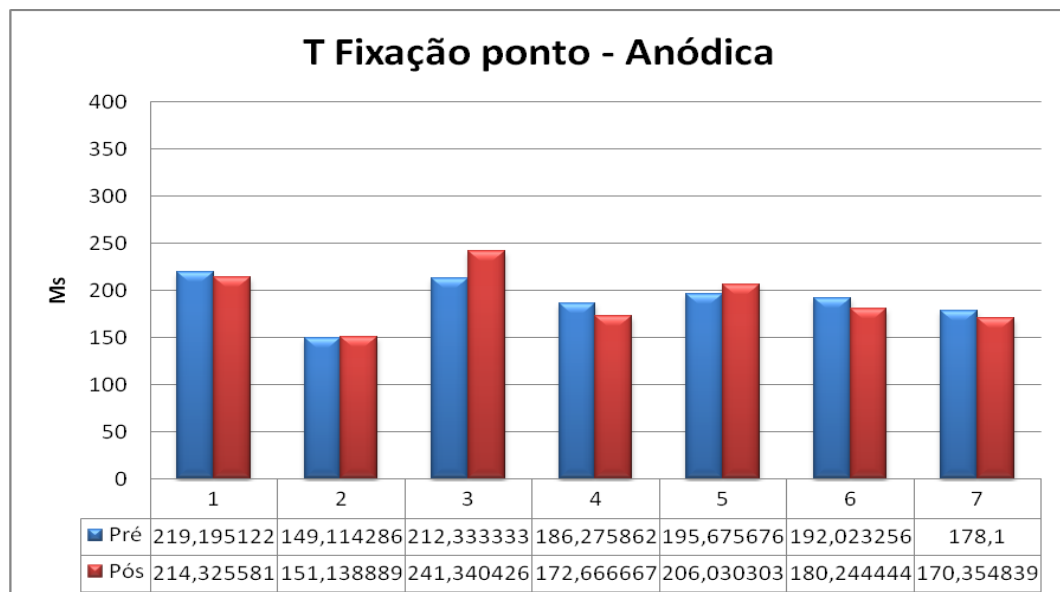


Gráfico 8 - Tempo médio de fixação na condição Anódica

Tempo de leitura da seqüência de palavras (TL)

Com relação ao tempo médio de leitura de todo o conjunto de palavras, ANOVA de medidas repetidas não revelou nenhuma diferença significativa para os efeitos principais ou interação. A Tabela 4 apresenta os tempos médios para leitura dos 4 itens que compunham as seqüências.

Condição	Momento	Média	Erro padrão	Intervalo confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Placebo	Pré-ETCC	1846,297	199,079	1359,168	2333,426
	Pós-ETCC	1642,430	95,090	1409,753	1875,107
Catódica	Pré-ETCC	1620,832	110,885	1349,507	1892,158
	Pós-ETCC	1639,387	112,661	1363,715	1915,059
Anódica	Pré-ETCC	1635,994	117,636	1348,148	1915,059
	Pós-ETCC	1544,579	105,432	1286,597	1802,561

Tabela 4 - Valores do tempo médio para leitura dos 4 itens

No gráfico 9 são apresentadas as medidas de tempo de leitura da seqüência de palavras (TL) na condição Placebo. Os sujeitos 1, 2, 3, 4 e 6 não apresentaram diferenças entre a pré e a pós estimulação e seus valores entre eles são aproximados. O sujeito 5 também não apresentou diferenças entre a pré e a pós estimulação. No entanto, os valores para ambas as condições são mais altos do que para os demais sujeitos. O sujeito 7 é o único que apresenta diminuição mais acentuada em TL na pós estimulação.

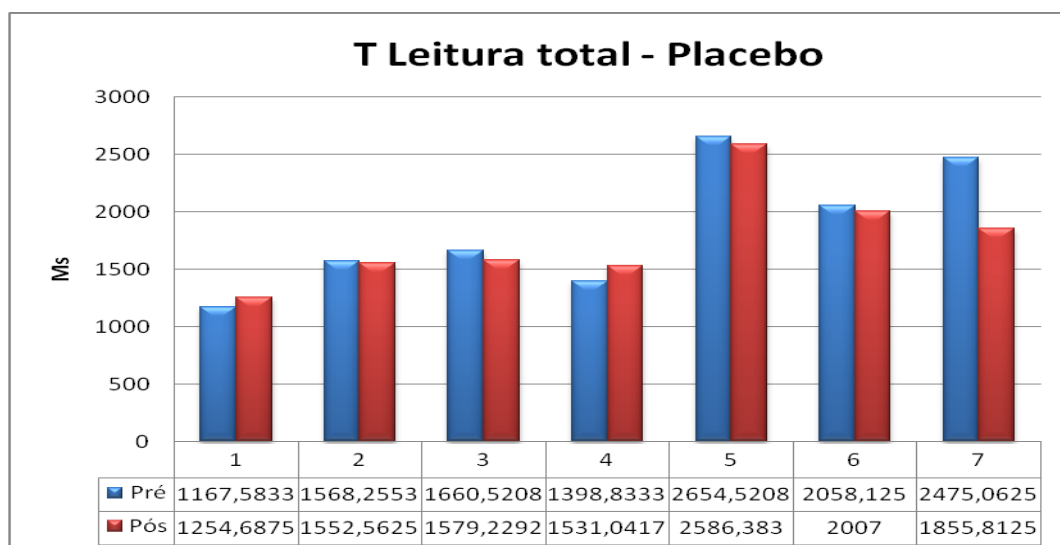


Gráfico 9 - Tempo médio de leitura da seqüência de palavras na condição Placebo

O valor de TL pré e pós estimulação catódica é bastante homogêneo em todos os sujeitos como pode ser observado no gráfico 10. Apenas o sujeito 5 teve valores de pré e de pós estimulação acima dos outros sujeitos. Ainda assim, tais valores não apresentam diferença entre si.

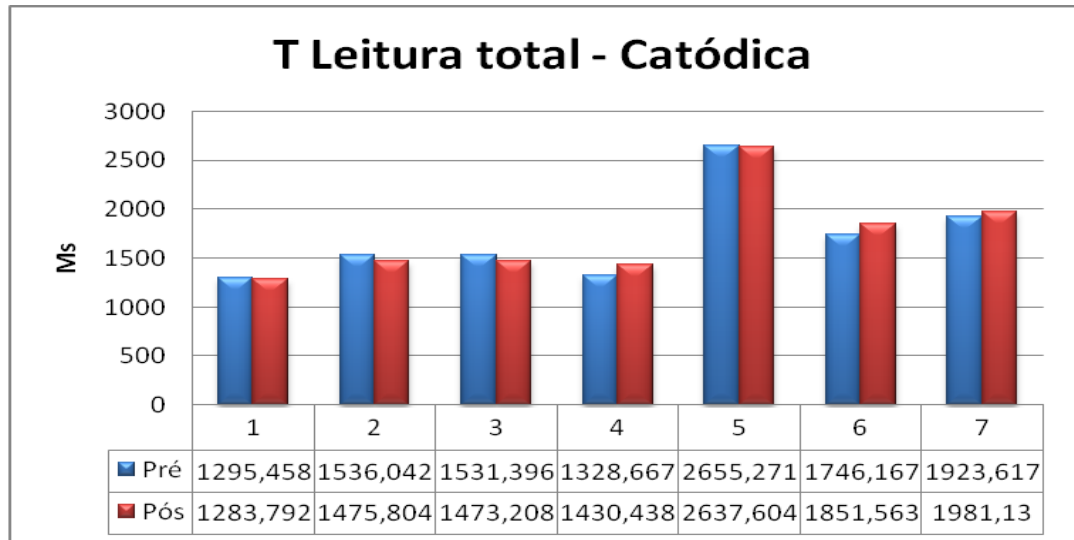


Gráfico 10 - Tempo médio de leitura da seqüência de palavras na condição Catódica

Como pode ser observado no gráfico 11, o valor de TL também se mantém bastante homogêneo na pré e na pós estimulação anódica. Novamente, o sujeito 5 obteve valores de leitura maiores do que os demais sujeitos em ambos os momentos.

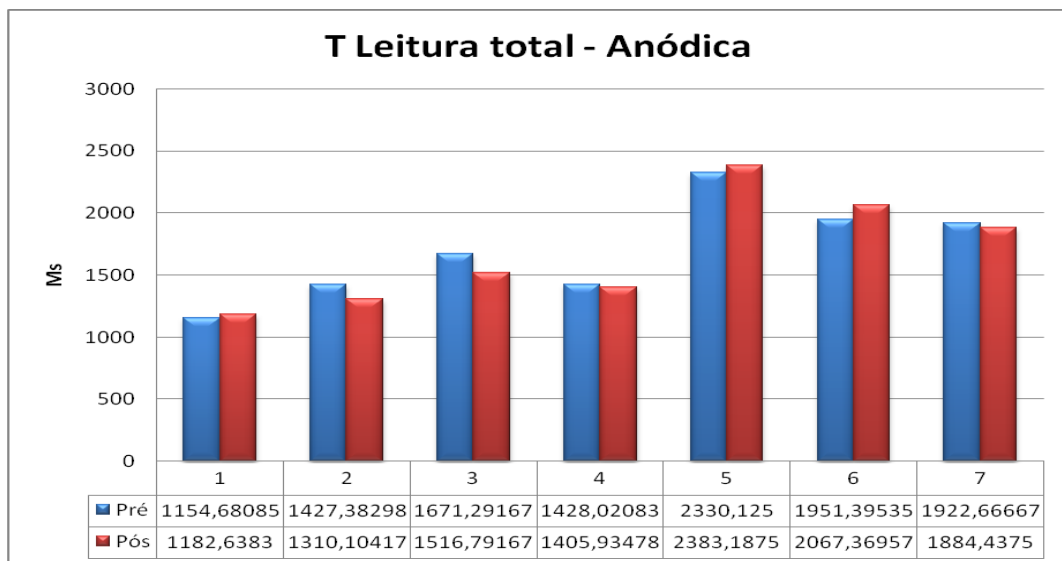


Gráfico 11 - Tempo médio de leitura da seqüência de palavras na condição Anódica

3.4. Discussão

Embora não tenha sido observado efeito de interação entre momento e condição, observa-se claramente um aumento de tempo entre o pré e o pós-teste da condição catódica. Assim, a estimulação catódica parece ter interferido negativamente no tempo de reação para início da programação dos movimentos oculares para realização da leitura. Efeito similar foi encontrado por Leff et al. (2001) com estimulação magnética em CVF direito.

A leitura das linhas de texto parece ser uma tarefa motora já bastante treinada na população estudada e embora os movimentos sacádicos durante a leitura sejam classificados como voluntários, não reflexivos, são únicos no sentido de explorar um ambiente visual que é regularmente ordenado de uma maneira raramente encontrada em cenas visuais de objetos não verbais. Já se observou em experimentos de movimentos dos dedos que o sinal cortical pré motor associado declina quando as seqüências se tornam treinadas (Jenkins, Brooks *et al.*, 1994).

Leff et al. (2000 e 2001) estudaram a influência da EMT aplicada sobre o CVF nos movimentos sacádicos. Aponta-se que o CVF esquerdo está menos envolvido nos movimentos sacádicos durante a leitura do que o CVF direito. Os autores desses estudos atestam que o volume de tecido neural no CVF esquerdo que mantém os já treinados movimentos sacádicos durante a leitura é pequeno e não é prontamente influenciado pela EMT. Dessa forma, os movimentos sacádicos durante a leitura de uma linha de texto também não seriam influenciados. Por outro lado, a preparação para a sacada inicial em resposta ao aparecimento de uma nova linha de palavras é responsável pelo sinal observado no CVF direito durante a leitura (Leff, Scott *et al.*, 2000; Leff, A. P., Scott, S. K. *et al.*, 2001). Estes estudos corroboram os dados de nosso estudo, uma vez que não houve efeito da estimulação no tempo médio de leitura de todo o conjunto de palavras, mas a ETCC catódica causou um tempo de reação maior que as outras condições.

Embora o efeito local seja mais pronunciado, conforme demonstram os trabalhos de utilização da ETCC em córtices motor e visual, sua magnitude vai além dos efeitos locais. O efeito da aplicação da ETCC em CVF pode produzir atividade em outras áreas do cérebro que, embora distantes do ponto de estimulação, podem estar conectadas a ele. Conforme discutido anteriormente, é possível que o colículo superior e outras estruturas tenham papel bastante importante no *set* preparatório dos movimentos sacádicos. Os movimentos sacádicos são mediados por um sistema que se estende da retina até os músculos extra-oculares (Sommer e

Wurtz, 2004). Com membros aferentes, eferentes e intermediários, a circuitaria capaz de gerar sacadas conta com uma vasta rede que se entremeia e é a responsável pelo controle dos movimentos oculares. Dessa forma, a rede neural capaz de gerar movimentos sacádicos estaria toda ela sendo modulada através da ETCC.

A comprovação de que esta rede está toda ela conectada são os experimentos com macacos, nos quais a inativação reversível do CS causou déficits na produção de sacadas para alvos visuais (Aizawa e Wurtz, 1998). A ablação permanente tanto do CS quanto do CVF causou sérios déficits temporários dos quais os macacos logo se recuperaram. Entretanto, lesões combinadas bilateralmente do CS e do CVF comprometem permanentemente o comportamento sacádico (Schiller, True *et al.*, 1980). A influência de muitas áreas corticais parece depender muito de suas projeções para o CS. Estudos mostram que a habilidade de se evocar sacadas eletricamente do CVF é severamente comprometida se houver uma inativação do SC (Hanes e Wurtz, 2001) e a habilidade de se evocar sacadas eletricamente dos lobos parietal e occipital é extinta se houver a ablação do CS e do CVF (Keating e Gooley, 1988).

Se a estimulação catódica produz um aumento no tempo de reação para início da leitura, esperar-se-ia efeito oposto com a estimulação anódica, ou seja, deveria haver uma redução significativa no tempo para início da leitura. Tal falta de efeito pode ser explicado pelo fato dos sujeitos avaliados serem universitários bons leitores, e sem histórico de problemas de aprendizagem. Esta explicação poderá ser testada futuramente com a condução de estudos com participantes que tenham diagnósticos de problemas de leitura, ou ainda dificuldades perceptuais e de planejamento do ato oculomotor.

Uma grande limitação deste estudo parece ter sido o tamanho da amostra. A análise dos resultados de apenas 7 sujeitos gera uma grande variabilidade dos dados. Embora os dados obtidos para o tempo de reação tenham uma distribuição normal, o desvio padrão observado é alto. Novos estudos com ampliação da amostra possibilitarão uma maior compreensão do efeito da estimulação catódica sobre o padrão dos movimentos oculares na leitura de palavras.

O tempo médio para a leitura do conjunto de palavras foi muito parecido com o de Leff *et al.* (2001), por volta de 350 milésimos de segundos para cada palavra. Os autores também não encontraram diferença significativa nessa medida. No entanto, isso não era

esperado, pois a leitura envolve muitos outros componentes além dos movimentos oculares. Talvez, a estimulação de outras áreas possa produzir mudanças neste padrão de leitura.

3.5. Conclusão

O presente trabalho se propôs a estudar o padrão de movimentos oculares durante a leitura, após a utilização da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC). Para tal, foram analisadas as seguintes variáveis: Tempo de Fixação (**TF**) no ponto à esquerda após o aparecimento das palavras; Tempo da primeira sacada (**S1**), sendo considerado o tempo desde o aparecimento da lista de palavras até o final da primeira sacada à direita para a leitura da primeira palavra; e Tempo de leitura da seqüência de palavras (**TL**). As variáveis foram analisadas comparando o desempenho na leitura de palavras isoladas antes e depois da estimulação em três condições diferentes: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua catódica em CVF direito; Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua anódica em CVF direito; e Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua placebo.

No tempo médio do primeiro movimento sacádico, foram encontradas diferenças da estimulação catódica para o placebo e de catódica para anódica, sendo que a estimulação catódica piora o desempenho dos sujeitos na realização do primeiro movimento sacádico durante a leitura.

Com relação ao tempo em que o sujeito fixa o olhar no ponto de referência à esquerda depois do aparecimento dos itens a serem lidos, os resultados revelaram efeito principal do tipo de estimulação, não sendo observado efeito do momento (pré X pós ETCC). Testes *post hoc* foram conduzidos e revelaram aumento significativo da condição de estimulação catódica em comparação com o placebo e da estimulação catódica em comparação com a anódica.

Com relação ao tempo médio de leitura de todo o conjunto de palavras, não houve nenhuma diferença significativa para os efeitos principais ou interação.

Dessa forma, os resultados demonstram que a ETCC é uma ferramenta eficaz de pesquisa sobre leitura.

O instrumento de rastreamento ocular mostrou ser uma ferramenta importante para os futuros estudos sobre leitura.

4. Referências

4. Referências

- ACCORNERO, N. *et al.* Visual evoked potentials modulation during direct current cortical polarization. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 178, n. 2, p. 261-6, Apr 2007.
- AIZAWA, H.; WURTZ, R. H. Reversible inactivation of monkey superior colliculus. I. Curvature of saccadic trajectory. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 79, n. 4, p. 2082-96, Apr 1998.
- ANTAL, A. *et al.* Excitability changes induced in the human primary visual cortex by transcranial direct current stimulation: direct electrophysiological evidence. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [S.I.], v. 45, n. 2, p. 702-7, Feb 2004.
- _____. Modulation of moving phosphene thresholds by transcranial direct current stimulation of V1 in human. *Neuropsychologia* [S.I.], v. 41, n. 13, p. 1802-7, 2003.
- _____. Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans. *Eur J Neurosci* [S.I.], v. 19, n. 10, p. 2888-92, May 2004.
- _____. External modulation of visual perception in humans. *Neuroreport* [S.I.], v. 12, n. 16, p. 3553-5, Nov 2001.
- _____. Transcranial magnetic and direct current stimulation of the visual cortex. *Suppl Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 56, p. 291-304, 2003.
- BARTRES-FAZ, D. *et al.* Apo E influences declarative and procedural learning in age-associated memory impairment. *Neuroreport* [S.I.], v. 10, n. 14, p. 2923-7, Sep 29 1999.
- BASSO, M. A.; WURTZ, R. H. Neuronal activity in substantia nigra pars reticulata during target selection. *J Neurosci* [S.I.], v. 22, n. 5, p. 1883-94, Mar 1 2002.
- BIRCH, S.; RAYNER, K. Linguistic focus affects eye movements during reading. *Mem Cognit* [S.I.], v. 25, n. 5, p. 653-60, Sep 1997.
- BOGGIO, P. *et al.* Repeated sessions of noninvasive brain DC stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients. *Restor Neurol Neurosci* [S.I.], v. 25, n. 2, p. 123-9, 2007.
- BOGGIO, P. S. *Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre memória operacional e controle motor.*
 . (2006). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BRANDSFORD, J. D. *Human cognition: Learning, understanding and remembering.*
 Belmont (Calif.)
 Wadsworth, 1979.
- BUSHNELL, M. C. *et al.* Behavioral enhancement of visual responses in monkey cerebral cortex. I. Modulation in posterior parietal cortex related to selective visual attention. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 46, n. 4, p. 755-72, Oct 1981.

- CARAMAZZA, A. *et al.* Lexical access and inflectional morphology. *Cognition* [S.I.], n. 28, p. 35, 1988.
- CARROLL, P.; SLOWIACZEK, M. Constraints on semantic priming in reading: a fixation time analysis. *Mem Cognit* [S.I.], v. 14, n. 6, p. 509-22, Nov 1986.
- CHAFEE, M. V.; GOLDMAN-RAKIC, P. S. Inactivation of parietal and prefrontal cortex reveals interdependence of neural activity during memory-guided saccades. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 83, n. 3, p. 1550-66, Mar 2000.
- CHAIEB, L. *et al.* Gender-specific modulation of short-term neuroplasticity in the visual cortex induced by transcranial direct current stimulation. *Vis Neurosci* [S.I.], v. 25, n. 1, p. 77-81, 2008.
- CONNOLLY, J. D. *et al.* Human fMRI evidence for the neural correlates of preparatory set. *Nat Neurosci* [S.I.], v. 5, n. 12, p. 1345-52, Dec 2002.
- CORBETTA, M. Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: identical, independent, or overlapping neural systems? *Proc Natl Acad Sci U S A* [S.I.], v. 95, n. 3, p. 831-8, Feb 3 1998.
- CORBETTA, M.; SHULMAN, G. L. Human cortical mechanisms of visual attention during orienting and search. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* [S.I.], v. 353, n. 1373, p. 1353-62, Aug 29 1998.
- DANEMAN, M.; REINGOLD, E. What eye fixations tell us about phonological recoding during reading. *Can J Exp Psychol* [S.I.], v. 47, n. 2, p. 153-78, Jun 1993.
- DANNON, P. N. *et al.* Three and six-month outcome following courses of either ECT or rTMS in a population of severely depressed individuals--preliminary report. *Biol Psychiatry* [S.I.], v. 51, n. 8, p. 687-90, Apr 15 2002.
- DIAS, E. C.; BRUCE, C. J. Physiological correlate of fixation disengagement in the primate's frontal eye field. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 72, n. 5, p. 2532-7, Nov 1994.
- DIAS, E. C.; SEGRAVES, M. A. Muscimol-induced inactivation of monkey frontal eye field: effects on visually and memory-guided saccades. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 81, n. 5, p. 2191-214, May 1999.
- DIECKHÖFER, A. *et al.* Transcranial direct current stimulation applied over the somatosensory cortex - differential effect on low and high frequency SEPs. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 117, n. 10, p. 2221-7, Oct 2006.
- DORRIS, M. C.; MUNOZ, D. P. A neural correlate for the gap effect on saccadic reaction times in monkey. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 73, n. 6, p. 2558-62, Jun 1995.
- DORRIS, M. C. *et al.* Neuronal activity in monkey superior colliculus related to the initiation of saccadic eye movements. *J Neurosci* [S.I.], v. 17, n. 21, p. 8566-79, Nov 1 1997.

- DREW, A.; VAN DONKELAAR, P. The contribution of the human FEF and SEF to smooth pursuit initiation. *Cereb Cortex* [S.I.], v. 17, n. 11, p. 2618-24, Nov 2007.
- DUFFY, S. A. *et al.* Lexical ambiguity and fixation times in reading. *Journal of Memory and Language* [S.I.], n. 27, p. 429-446, 1988.
- EHRlich, K.; RAYNER, K. Pronoun assignment and semantic integration during reading: Eye movements and immediacy of processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* [S.I.], n. 22, p. 15-87, 1983.
- EPSTEIN, C. M. Language and TMS/rTMS. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* [S.I.], v. 51, p. 325-33, 1999.
- EVARTS, E. *et al.* *Neurophysiological Approaches to Higher Brain Functions*. New York: Wiley, 1984.
- EVERLING, S.; FISCHER, B. The antisaccade: a review of basic research and clinical studies. *Neuropsychologia* [S.I.], v. 36, n. 9, p. 885-99, Sep 1998.
- EVERLING, S.; MUNOZ, D. P. Neuronal correlates for preparatory set associated with pro-saccades and anti-saccades in the primate frontal eye field. *J Neurosci* [S.I.], v. 20, n. 1, p. 387-400, Jan 1 2000.
- EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. *Psicologia cognitiva: um manual introdutório*. Tradução de GESSER, W.; GESSER, M. H. F. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- FRAZIER, L.; RAYNER, K. Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*. v. 14, 1982. p. 178-210.
- FREGNI, F. *et al.* Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neuroreport* [S.I.], v. 16, n. 14, p. 1551-5, Sep 2005.
- FREGNI, F.; MARCOLIN, M. A. O retorno da estimulação cerebral na terapêutica dos transtornos neuropsiquiátricos: o papel da estimulação magnética transcraniana na prática clínica. *Revista de Psiquiatria Clínica* [S.I.], v. 5, n. 31, p. 10, 2004 2004.
- FUNAHASHI, S. *et al.* Prefrontal neuronal activity in rhesus monkeys performing a delayed anti-saccade task. *Nature* [S.I.], v. 365, n. 6448, p. 753-6, Oct 21 1993.
- GARNHAM, A.; OAKHILL, J. *Thinking and reasoning*. Oxford (UK) & Cambridge (USA): Blackwell, 1994.
- GNADT, J. W.; BEYER, J. Eye movements in depth: What does the monkey's parietal cortex tell the superior colliculus? *Neuroreport* [S.I.], v. 9, n. 2, p. 233-8, Jan 26 1998.
- GOTTLIEB, J.; GOLDBERG, M. E. Activity of neurons in the lateral intraparietal area of the monkey during an antisaccade task. *Nat Neurosci* [S.I.], v. 2, n. 10, p. 906-12, Oct 1999.

- GREGOIRE, J.; PIERART, B. *Avaliação dos problemas de leitura: os novos modelos teóricos e suas implicações diagnósticas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- GUITTON, D. *et al.* Frontal lobe lesions in man cause difficulties in suppressing reflexive glances and in generating goal-directed saccades. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 58, n. 3, p. 455-72, 1985.
- GUITTON, D.; MANDL, G. The effect of frontal eye field stimulation on unit activity in the superior colliculus of the cat. *Brain Res* [S.I.], v. 68, n. 2, p. 330-4, Mar 22 1974.
- HALLETT, P. E. Primary and secondary saccades to goals defined by instructions. *Vision Res* [S.I.], v. 18, n. 10, p. 1279-96, 1978.
- HANES, D. P.; WURTZ, R. H. Interaction of the frontal eye field and superior colliculus for saccade generation. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 85, n. 2, p. 804-15, Feb 2001.
- HEBB, D. O. *Textbook of Psychology*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1972.
- HEINZLE, J. *et al.* A microcircuit model of the frontal eye fields. *J Neurosci* [S.I.], v. 27, n. 35, p. 9341-53, Aug 29 2007.
- HENDERSON, J. M. Eye movements. In: SENIOR, C., RUSSELL, T, GAZZANIGA, M.S. (Ed.). *Methods in Mind*. London: The MIT Press, 2006. Cap.8. p. 171 - 192.
- HENDRY, S. H.; REID, R. C. The koniocellular pathway in primate vision. *Annu Rev Neurosci* [S.I.], v. 23, p. 127-53, 2000.
- HIKOSAKA, O.; WURTZ, R. H. Visual and oculomotor functions of monkey substantia nigra pars reticulata. IV. Relation of substantia nigra to superior colliculus. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 49, n. 5, p. 1285-301, May 1983.
- HOFFMAN, J.; SUBRAMANIAM, B. The role of visual attention in saccadic eye movements. *Percept Psychophys* [S.I.], v. 57, n. 6, p. 787-95, Aug 1995.
- HOLLINGWORTH, A.; HENDERSON, J. M. Does consistent scene context facilitate object perception? *J Exp Psychol Gen* [S.I.], v. 127, n. 4, p. 398-415, Dec 1998.
- HUMMEL, F. *et al.* Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke. *Brain* [S.I.], v. 128, n. Pt 3, p. 490-9, Mar 2005.
- HYONA, J.; POLLATSEK, A. Reading Finnish compound words: eye fixations are affected by component morphemes. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* [S.I.], v. 24, n. 6, p. 1612-27, Dec 1998.
- INGHILLERI, M. *et al.* Ovarian hormones and cortical excitability. An rTMS study in humans. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 115, n. 5, p. 1063-8, May 2004.

INGVAR, D. H. Serial aspects of language and speech related to prefrontal cortical activity. A selective review. *Hum Neurobiol* [S.I.], v. 2, n. 3, p. 177-89, 1983.

JARVELLA, R. J.; MEIJERS, G. Recognizing morphemes in spoken words: Some evidence for a stem-organized mental lexicon. In: WILEY (Ed.). *The process of language understanding*. New York, 1983. Cap.81. p. 31.

JENKINS, I. H. *et al.* Motor sequence learning: a study with positron emission tomography. *J Neurosci* [S.I.], v. 14, n. 6, p. 3775-90, Jun 1994.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental Models*. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press.

KEATING, E. G.; GOOLEY, S. G. Disconnection of parietal and occipital access to the saccadic oculomotor system. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 70, n. 2, p. 385-98, 1988.

KENNEDY, A.; PIDCOCK, B. Eye movements and variations in reading time. *Psychol Res* [S.I.], v. 43, n. 1, p. 69-79, 1981.

KUO, M. *et al.* Sex differences in cortical neuroplasticity in humans. *Neuroreport* [S.I.], v. 17, n. 16, p. 1703-7, Nov 2006.

LAND, M. F. Motion and vision: why animals move their eyes. *J Comp Physiol [A]* [S.I.], v. 185, n. 4, p. 341-52, Oct 1999.

LANG, N. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation over the human motor cortex on corticospinal and transcallosal excitability. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 156, n. 4, p. 439-43, Jun 2004.

_____. How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain? *Eur J Neurosci* [S.I.], v. 22, n. 2, p. 495-504, Jul 2005.

LEFF, A. *et al.* The planning and guiding of reading saccades: a repetitive transcranial magnetic stimulation study. *Cereb Cortex* [S.I.], v. 11, n. 10, p. 918-23, Oct 2001.

LEFF, A. P. *et al.* Impaired reading in patients with right hemianopia. *Ann Neurol* [S.I.], v. 47, n. 2, p. 171-8, Feb 2000.

_____. The planning and guiding of reading saccades: a repetitive transcranial magnetic stimulation study. *Cereb Cortex* [S.I.], v. 11, n. 10, p. 918-23, Oct 2001.

LIMA, S. D. Morphological analysis in sentence reading. *Journal of Memory and Language* [S.I.], n. 26, p. 84-99, 1987.

LINGUATECA. Corpus NILC Universidade de São Carlos. v. 2008. n. 18 Abril 20081999.

LOLAS, F. Brain polarization: behavioral and therapeutic effects. *Biol Psychiatry* [S.I.], v. 12, n. 1, p. 37-47, Feb 1977.

LOPES, E. *Fundamentos da Lingüística Contemporânea*. São Paulo: Cultrix, 1995.

- LUKASOVA, K. *Alterações fonológicas e motoras na dislexia de desenvolvimento*. (2007). 120 f. (Mestrado), Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.
- MACEDO, E. *et al.* [Analysis of the eye movement patterns in visual search tasks: effect of familiarity and stimulus features]. *Arq Bras Oftalmol* [S.I.], v. 70, n. 1, p. 31-6, 2007.
- MACEDO, E. C. *et al.* Teleavaliação da habilidade de leitura no Ensino Infantil e Fundamental. *Psicologia Escolar e Educacional*. v. 9. n. 1. São Paulo 2005.
- _____. Processos perceptuais e cognitivos na leitura de palavras: propriedades dos movimentos oculares. *Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional*. v. 11. n. 2006. p. 275-283.
- MACKAY, D. G. Derivational rules and the internal lexicon. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* [S.I.], v. 17, p. 10, 1978.
- MACKEBEN, M. *et al.* Eye movement control during single-word reading in dyslexics. *J Vis* [S.I.], v. 4, n. 5, p. 388-402, May 2004.
- MAIA, M. *et al.* Efeito stroop e rastreamento ocular no processamento de palavras. *Ciências & Cognição* [S.I.], v. 12, p. 15, 2007.
- MATSUNAGA, K. *et al.* Effect of transcranial DC sensorimotor cortex stimulation on somatosensory evoked potentials in humans. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 115, n. 2, p. 456-60, Feb 2004.
- MIELLET, S.; SPARROW, L. Phonological codes are assembled before word fixation: evidence from boundary paradigm in sentence reading. *Brain Lang* [S.I.], v. 90, n. 1-3, p. 299-310, 2004.
- MILLS, K. R. Magnetic brain stimulation: a review after 10 years experience. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* [S.I.], v. 49, p. 239-44, 1999.
- MONOSOV, I. *et al.* Measurements of simultaneously recorded spiking activity and local field potentials suggest that spatial selection emerges in the frontal eye field. *Neuron* [S.I.], v. 57, n. 4, p. 614-25, Feb 2008.
- MORRIS, R. Lexical and message-level sentence context effects on fixation times in reading. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* [S.I.], v. 20, n. 1, p. 92-103, Jan 1994.
- MOTTAGHY, F. *et al.* Enhancing picture naming with transcranial magnetic stimulation. *Behav Neurol* [S.I.], v. 17, n. 3-4, p. 177-86, 2006.
- MUNOZ, D. P. *et al.* On your mark, get set: brainstem circuitry underlying saccadic initiation. *Can J Physiol Pharmacol* [S.I.], v. 78, n. 11, p. 934-44, Nov 2000.

MURPHEY, D.; MAUNSELL, J. Electrical microstimulation thresholds for behavioral detection and saccades in monkey frontal eye fields. *Proc Natl Acad Sci U S A* [S.I.], v. 105, n. 20, p. 7315-20, May 2008.

MURRAY, W.; KENNEDY, A. Spatial coding in the processing of anaphor by good and poor readers: evidence from eye movement analyses. *Q J Exp Psychol A* [S.I.], v. 40, n. 4, p. 693-718, Nov 1988.

NAZIR, T. *et al.* Letter visibility and word recognition: the optimal viewing position in printed words. *Percept Psychophys* [S.I.], v. 52, n. 3, p. 315-28, Sep 1992.

NITSCHKE, M. *et al.* Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 114, n. 4, p. 600-4, Apr 2003.

NITSCHKE, M.; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol* [S.I.], v. 527 Pt 3, p. 633-9, Sep 2000.

NITSCHKE, M. A. *et al.* Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *BRAIN STIMULATION: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation* [S.I.], v. 1, n. 3, p. 206-223, 2008.

NOBRE, A. C. *et al.* Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. *Brain* [S.I.], v. 120 (Pt 3), p. 515-33, Mar 1997.

O'DRISCOLL, G. A. *et al.* Functional neuroanatomy of antisaccade eye movements investigated with positron emission tomography. *Proc Natl Acad Sci U S A* [S.I.], v. 92, n. 3, p. 925-9, Jan 31 1995.

O'REGAN, J. The control of saccade size and fixation duration in reading: the limits of linguistic control. *Percept Psychophys* [S.I.], v. 28, n. 2, p. 112-7, Aug 1980.

O'SULLIVAN, B. T. *et al.* A PET study of somatosensory discrimination in man. microgeometry versus macrogeometry. *Eur J Neurosci* [S.I.], v. 6, n. 1, p. 137-48, Jan 1 1994.

OJEMANN, G.; MATEER, C. Human language cortex: localization of memory, syntax, and sequential motor-phoneme identification systems. *Science* [S.I.], v. 205, n. 4413, p. 1401-3, Sep 28 1979.

OJEMANN, G. A. Brain organization for language from the perspective of electrical stimulation mapping. *Behavioural Brain Sciences* [S.I.], v. 2, p. 41, 1983.

PARE, M. *et al.* Visual motion signals from the ventral intraparietal area to the saccadic system. *Soc Neurosci Abstr* [S.I.], v. 25, p. 806, 1999.

PARE, M.; WURTZ, R. H. Monkey posterior parietal cortex neurons antidromically activated from superior colliculus. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 78, n. 6, p. 3493-7, Dec 1997.

PASCUAL-LEONE, A. *et al.* Transcranial magnetic stimulation: studying the brain-behaviour relationship by induction of 'virtual lesions'. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* [S.I.], v. 354, n. 1387, p. 1229-38, Jul 29 1999.

_____. Study and modulation of human cortical excitability with transcranial magnetic stimulation. *J Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 15, n. 4, p. 333-43, Jul 1998.

PENFIELD, W. The interpretive cortex; the stream of consciousness in the human brain can be electrically reactivated. *Science* [S.I.], v. 129, n. 3365, p. 1719-25, Jun 26 1959.

PETIT, L. *et al.* Dissociation of saccade-related and pursuit-related activation in human frontal eye fields as revealed by fMRI. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 77, n. 6, p. 3386-90, Jun 1997.

PIERROT-DESEILLIGNY, C. *et al.* Cortical control of reflexive visually-guided saccades. *Brain* [S.I.], v. 114 (Pt 3), p. 1473-85, Jun 1991.

PINKER, S. Rules of language. *Science* [S.I.], n. 153, p. 5, 1991.

POLLATSEK, A.; RAYNER, K. Eye movement control in reading: The role of word boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* [S.I.], n. 8, p. 817-833, 1982.

RAYNER, K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychol Bull* [S.I.], v. 124, n. 3, p. 372-422, Nov 1998.

RAYNER, K.; BERTERA, J. Reading without a fovea. *Science* [S.I.], v. 206, n. 4417, p. 468-9, Oct 1979.

RAYNER, K. *et al.* Eye movements and integrating information across fixations. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* [S.I.], v. 4, n. 4, p. 529-44, Nov 1978.

_____. Phonological codes and eye movements in reading. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* [S.I.], v. 24, n. 2, p. 476-97, Mar 1998.

_____. Eye movements and discourse processing.

. In: LORCH, R. F.; O'BRIEN, E. J. (Ed.). *Sources of coherence in reading*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1995.

_____. Eye movement control in reading: a comparison of two types of models. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* [S.I.], v. 22, n. 5, p. 1188-200, Oct 1996.

REICHLER, E. D.; PERFETTI, C. A. Morphology in word identification: A word experience model that accounts for morpheme frequency effects. *Scientific Studies of Reading* [S.I.], n. 7, p. 18, 2003.

RIVAUD, S. *et al.* Eye movement disorders after frontal eye field lesions in humans. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 102, n. 1, p. 110-20, 1994.

ROBINSON, D. L.; KERTZMAN, C. Covert orienting of attention in macaques. III. Contributions of the superior colliculus. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 74, n. 2, p. 713-21, Aug 1995.

ROGALEWSKI, A. *et al.* Transcranial direct current stimulation disrupts tactile perception. *Eur J Neurosci* [S.I.], v. 20, n. 1, p. 313-6, Jul 2004.

ROMERO, J. *et al.* Conventional magnetic resonance imaging of acute stroke. *Semin Roentgenol* [S.I.], v. 37, n. 3, p. 206-11, Jul 2002.

ROSTOMILY, R. C. *et al.* Postoperative deficits and functional recovery following removal of tumors involving the dominant hemisphere supplementary motor area. *J Neurosurg* [S.I.], v. 75, n. 1, p. 62-8, Jul 1991.

ROUNIS, E. *et al.* Effects of rTMS conditioning over the fronto-parietal network on motor versus visual attention. *J Cogn Neurosci* [S.I.], v. 19, n. 3, p. 513-24, Mar 2007.

SCHILLER, P. H. *et al.* Deficits in eye movements following frontal eye-field and superior colliculus ablations. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 44, n. 6, p. 1175-89, Dec 1980.

SCHLAG-REY, M. *et al.* Antisaccade performance predicted by neuronal activity in the supplementary eye field. *Nature* [S.I.], v. 390, n. 6658, p. 398-401, Nov 27 1997.

_____. How the frontal eye field can impose a saccade goal on superior colliculus neurons. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 67, n. 4, p. 1003-5, Apr 1992.

SCHREUDER, R.; BAAYEN, H. Modeling morphological processing. In: FELDMAN, L. B. (Ed.). *Morphological aspects of language processing* Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1995. p. 23.

SEGRAVES, M. A.; GOLDBERG, M. E. Functional properties of corticotectal neurons in the monkey's frontal eye field. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 58, n. 6, p. 1387-419, Dec 1987.

SILVANTO, J. *et al.* Stimulation of the human frontal eye fields modulates sensitivity of extrastriate visual cortex. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 96, n. 2, p. 941-5, Aug 2006.

SOMMER, M. A.; TEHOVNIK, E. J. Reversible inactivation of macaque frontal eye field. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 116, n. 2, p. 229-49, Sep 1997.

SOMMER, M. A.; WURTZ, R. H. Composition and topographic organization of signals sent from the frontal eye field to the superior colliculus. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 83, n. 4, p. 1979-2001, Apr 2000.

_____. The dialogue between cerebral cortex and superior culliculus: Implications for saccadic target selection and corollary discharge. In: CHALUPA, L. M.; WERNER, J. S. (Ed.). *The visual neuroscience*. Cambridge: The MIT Press, 2004. Cap.98.

STANOVICH, K. E. *et al.* The developmental lag Hypothesis in Reading: Longitudinal and matched reading-level comparisons. *Child Development*. v. 59 1988. p. 71-86.

STERNBERG, R. J.; SMITH, E. E. *The psychology of human thought*. Cambridge (Mass.): Cambridge University Press, 1991.

STEWART, L. *et al.* Transcranial magnetic stimulation produces speech arrest but not song arrest. *Ann N Y Acad Sci* [S.I.], v. 930, p. 433-5, Jun 2001.

STOCKALL, L. A single route, full decomposition model of morphological complexity. n. 10/10/20082006.

SWEENEY, J. A. *et al.* Positron emission tomography study of voluntary saccadic eye movements and spatial working memory. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 75, n. 1, p. 454-68, Jan 1996.

TAFT, M. Lexical access via an orthographic code: the basic orthographic syllabic structure. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* [S.I.], v. 1, n. 18, p. 18, 1979.

_____. Interactive-activation as a framework for understanding morphological processing. *Language and Cognitive Processes* [S.I.], v. 3, n. 9, p. 23, 1994.

TAFT, M.; FORSTER, K. I. Lexical storage and retrieval of prefixed words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* [S.I.], v. 6, n. 14, p. 9, 1975.

TAYLOR, P. C. *et al.* FEF TMS affects visual cortical activity. *Cereb Cortex* [S.I.], v. 17, n. 2, p. 391-9, Feb 2007.

WALSH, V.; PASCUAL-LEONE, A. *Neurochronometrics of Mind: Transcranialmagnetic stimulation in Cognitive Science*. Cambridge: MIT, 2003.

WEYAND, T. G.; GAFKA, A. C. Visuomotor properties of corticotectal cells in area 17 and posteromedial lateral suprasylvian (PMLS) cortex of the cat. *Vis Neurosci* [S.I.], v. 18, n. 1, p. 77-91, Jan-Feb 2001.

WOODMAN, G. *et al.* The effect of visual search efficiency on response preparation: neurophysiological evidence for discrete flow. *Psychol Sci* [S.I.], v. 19, n. 2, p. 128-36, Feb 2008.

WURTZ, R. H.; MOHLER, C. W. Enhancement of visual responses in monkey striate cortex and frontal eye fields. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 39, n. 4, p. 766-72, Jul 1976.

APÊNDICE A – Carta do comitê de ética em pesquisa

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
DECANATO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DE PESQUISA - COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA




São Paulo, 07 de abril de 2008.

Ao Acadêmico
Alexandre Tadeu Faé Rosa

Após análise do projeto de pesquisa "**Efeitos de estimulação transcraniana por corrente contínua sobre os padrões de movimentos oculares em leitura de itens lexicais isolados**" processo CEP/UPM nº 1037/03/2008 e CAAE Nº 0012.0.272.000-08, o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie **aprovou** os procedimentos éticos do referido projeto.

Solicitamos, por gentileza, que após a conclusão do citado projeto seja encaminhada uma cópia digital, do Relatório Final, para finalizarmos o seu processo neste Comitê.

Atenciosamente,


Profª. Drª. Sueli Galego de Carvalho
Coordenadora de Pesquisa da UPM

APÊNDICE B – Carta de informação ao sujeito de pesquisa e termo de consentimento livre e esclarecido

CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DE PESQUISA

O presente estudo tem como objetivo principal investigar os efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua na habilidade de leitura de itens lexicais isolados em sujeitos adultos jovens normais, em idade escolar universitária. Os sujeitos serão submetidos à Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua, uma técnica de estimulação indolor e dentro dos padrões de segurança, e os dados para o estudo serão coletados através da aplicação de testes de habilidade de leitura em equipamento computadorizado capaz de registrar os movimentos oculares com base no reflexo corneano, sem a presença de desconfortos ou riscos possíveis. Os instrumentos de avaliação serão aplicados pelo pesquisador responsável em uma sala da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Este material será posteriormente analisado e será garantido sigilo absoluto, sendo resguardado o nome dos participantes, bem como a identificação do local da coleta de dados. A divulgação do trabalho terá finalidade acadêmica, esperando contribuir para um maior conhecimento do tema estudado. Aos participantes cabe o direito de retirar-se do estudo em qualquer momento, sem prejuízo algum.

Os dados coletados serão utilizados no programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, curso de Mestrado, da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Pesquisador: Alexandre Tadeu Faé Rosa
Macedo

Orientador: Prof. Dr. Elizeu Coutinho de

Universidade Presbiteriana Mackenzie
Telefone para contato: (11) 2114-8878

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento que atende as exigências legais, o(a) senhor(a) _____, sujeito de pesquisa, após leitura da CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DE PESQUISA, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO de concordância em participar da pesquisa proposta. Fica claro que o sujeito de pesquisa ou seu representante legal podem, a qualquer momento, retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar do estudo alvo da pesquisa e fica ciente que todo trabalho realizado torna-se informação confidencial, guardada pela força do sigilo profissional.

São Paulo, ____ de _____ de 2008.

Assinatura do sujeito ou seu representante legal

APÊNDICE C – Lista das palavras utilizadas na prova de leitura de palavras

Substantivos				Verbos
CVC – CV	CV – CCV	CCV – CV	CV – CVC	CV-CVC
BANCO	BANHO	BLOCO	BÔNUS	BABAR
BANDA	BICHO	BRAÇO	CALOR	BATER
CAMPO	BOLSA	BREVE	CANAL	BEBER
CANTO	CICLO	BRIGA	CASAL	CABER
CARGA	CIFRA	CHAMA	CIVIL	CALAR
CARNE	COBRA	CHAPA	DÓLAR	CASAR
CINCO	COBRE	CHAVE	FATOR	COMER
CONTA	COFRE	CHEFE	FAVOR	DEVER
CORPO	DOBRA	CHUTE	FINAL	DIZER
CULPA	DOBRO	CHUVA	FÓRUM	FALAR
CURSO	FALHA	CLARA	FUZIL	FAZER
CUSTO	FEBRE	CLARO	GERAL	FICAR
DESTA	FIBRA	CLIMA	HOMEM	FUGIR
DISCO	FICHA	CLUBE	HOTEL	GABAR
DUPLA	FILHO	CRIME	HUMOR	GERAR
FALTA	FOLHA	CRISE	JOVEM	HAYER
FESTA	JULHO	DRAMA	LATIM	JOGAR
FILME	JUNHO	DROGA	LAZER	LESAR
FORTE	LETRA	FLUXO	LEGAL	LEVAR
FUNDO	LIBRA	FRACO	LOCAL	LOCAR
GENTE	LINHA	FRASE	LUGAR	MAMAR
GOLPE	LITRO	FROTA	MAJOR	MATAR
LESTE	LIVRO	FRUTA	METAL	MEDIR
LISTA	LUCRO	GRAÇA	MORAL	MEXER
LONGO	MALHA	GRAMA	MOTOR	MORAR
MARCA	METRO	GREGO	MÓVEL	MUDAR
MASSA	MILHO	GRITO	NÍVEL	NEGAR
MARCO	MICRO	GREVE	NATAL	PAGAR
MORTE	MOLHO	GRUPO	NUVEM	PEDIR
MUNDO	NEGRO	PLACA	PAPEL	PEGAR
PALCO	NOBRE	PLANO	PODER	PESAR
PARTE	PADRE	PRAÇA	PUDOR	PODER
PERDA	PEDRA	PRATA	RAPAZ	POLIR
PONTE	POBRE	PRATO	REFÉM	REZAR
PONTO	RACHA	PRAZO	RIGOR	RIMAR
PORTA	REGRA	PREÇO	RIVAL	SABER
PORTE	ROCHA	PRESO	RURAL	SELAR
POSTO	SAFRA	PRETO	SABOR	SOMAR
RENDA	SIGLA	PRIMO	SETOR	SUBIR
RESTO	SOBRA	PROSA	SINAL	SUJAR
RISCO	SONHO	PROVA	TEMOR	SUMIR
SAMBA	TETRA	TRAÇO	TÊNIS	SUPOR
TEMPO	TURMA	TRAMA	TOTAL	TOCAR
TERMO	VELHA	TRAVE	TÚNEL	TOMAR
TORNO	VIDRO	TREZE	VALOR	VIRAR
TURNO	VINHO	TRIGO	VAPOR	VIRAR
VENDA	VISTA	TROCA	VIGOR	VIVER
VERDE	VOLTA	TROPA	VÍRUS	VOTAR

APÊNDICE D – Distribuição das palavras na prova de leitura

	Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4	Posição 5
1	VERBO	CV - CCV	CV - CVC	CCV - CV	CVC - CV
2	VERBO	CV - CCV	CCV - CV	CV - CVC	CVC - CV
3	VERBO	CV - CCV	CV - CVC	CVC - CV	CCV - CV
4	VERBO	CV - CVC	CV - CCV	CVC - CV	CCV - CV
5	VERBO	CV - CVC	CV - CCV	CCV - CV	CVC - CV
6	VERBO	CV - CVC	CVC - CV	CV - CCV	CCV - CV
7	VERBO	CCV - CV	CVC - CV	CV - CCV	CV - CVC
8	VERBO	CCV - CV	CV - CCV	CVC - CV	CV - CVC
9	VERBO	CCV - CV	CVC - CV	CV - CVC	CV - CCV
10	VERBO	CVC - CV	CCV - CV	CV - CVC	CV - CCV
11	VERBO	CVC - CV	CCV - CV	CV - CCV	CV - CVC
12	VERBO	CVC - CV	CV - CVC	CCV - CV	CV - CCV
13	CV - CCV ⁵	VERBO	CV - CVC	CCV - CV	CVC - CV
14	CV - CCV	VERBO	CCV - CV	CV - CVC	CVC - CV
15	CV - CCV	VERBO	CV - CVC	CVC - CV	CCV - CV
16	CV - CVC	VERBO	CV - CCV	CVC - CV	CCV - CV
17	CV - CVC	VERBO	CV - CCV	CCV - CV	CVC - CV
18	CV - CVC	VERBO	CVC - CV	CV - CCV	CCV - CV
19	CCV - CV	VERBO	CVC - CV	CV - CCV	CV - CVC
20	CCV - CV	VERBO	CV - CCV	CVC - CV	CV - CVC
21	CCV - CV	VERBO	CVC - CV	CV - CVC	CV - CCV
22	CVC - CV	VERBO	CCV - CV	CV - CVC	CV - CCV
23	CVC - CV	VERBO	CCV - CV	CV - CCV	CV - CVC
24	CVC - CV	VERBO	CV - CVC	CCV - CV	CV - CCV
25	CV - CCV	CV - CVC	VERBO	CCV - CV	CVC - CV
26	CV - CCV	CCV - CV	VERBO	CV - CVC	CVC - CV
27	CV - CCV	CV - CVC	VERBO	CVC - CV	CCV - CV
28	CV - CVC	CV - CCV	VERBO	CVC - CV	CCV - CV
29	CV - CVC	CV - CCV	VERBO	CCV - CV	CVC - CV
30	CV - CVC	CVC - CV	VERBO	CV - CCV	CCV - CV
31	CCV - CV	CVC - CV	VERBO	CV - CCV	CV - CVC
32	CCV - CV	CV - CCV	VERBO	CVC - CV	CV - CVC
33	CCV - CV	CVC - CV	VERBO	CV - CVC	CV - CCV
34	CVC - CV	CCV - CV	VERBO	CV - CVC	CV - CCV
35	CVC - CV	CCV - CV	VERBO	CV - CCV	CV - CVC
36	CVC - CV	CV - CVC	VERBO	CCV - CV	CV - CCV
37	CV - CCV	CV - CVC	CCV - CV	VERBO	CVC - CV
38	CV - CCV	CCV - CV	CV - CVC	VERBO	CVC - CV
39	CV - CCV	CV - CVC	CVC - CV	VERBO	CCV - CV
40	CV - CVC	CV - CCV	CVC - CV	VERBO	CCV - CV
41	CV - CVC	CV - CCV	CCV - CV	VERBO	CVC - CV
42	CV - CVC	CVC - CV	CV - CCV	VERBO	CCV - CV
43	CCV - CV	CVC - CV	CV - CCV	VERBO	CV - CVC
44	CCV - CV	CV - CCV	CVC - CV	VERBO	CV - CVC
45	CCV - CV	CVC - CV	CV - CVC	VERBO	CV - CCV
46	CVC - CV	CCV - CV	CV - CVC	VERBO	CV - CCV
47	CVC - CV	CCV - CV	CV - CCV	VERBO	CV - CVC
48	CVC - CV	CV - CVC	CCV - CV	VERBO	CV - CCV

⁵C=Consoante
V=Vogal

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)